

O ' T E M P O R A

ETUDE ET DIAGNOSTIC DE MONUMENTS ET BÂTI ANCIEN
ARCHITECTURE, SCULPTURE, OBJETS D'ART, PEINTURE MURALE

Maine et Loire

DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ

LA CAVE SCULPTÉE

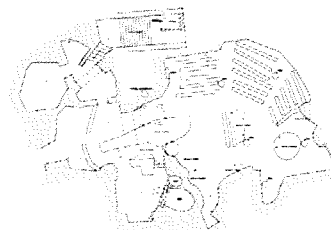
ÉTUDE et DÉFINITION d'un PROTOCOLE de RESTAURATION



Inscription à l'inventaire supplémentaire des monuments Historiques
par arrêté du 9 octobre 1969

JUILLET 2005

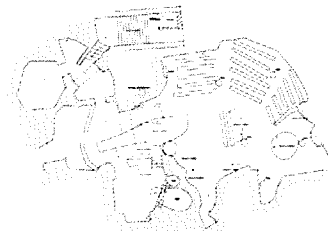
<p>Maître d'œuvre Service Départemental de l'Architecture Monsieur LATTRON Architecte Hôtel de Maquillé 10 bis rue du canal 49100 ANGERS Tél. : 02 41 23 10 90 Fax. : 02 41 23 10 99</p>		<p>Consultant statuaire Didier GROUX O ' T E M P O R A 12, avenue Carnot 44 000 NANTES Tél. : 02 72 64 40 42 Fax. : 02 72 64 40 99</p>
---	--	---



SOMMAIRE

I.	OBJET DE L'ÉTUDE	p.4
	I-1 Etude de l'état de conservation des sculptures :	p.5
II.	HISTORIQUE	p.6
	II-1 Chronologie historique abrégée de la cave sculptée	p.7
	II-2 Bibliographie Chronologique des études de la cave	p.8
	II-3 Documents de la base Mérimée	p.11
III.	DESCRIPTION et ETAT SANITAIRE DES OUVRAGES	p.12
	III-1 Description, localisation et numérotation des ouvrages :	p.13
	III-2 Etat sanitaire des ouvrages :	p.14
	III-2-1 Les conditions de conservation (relevés de température et d'humidité)	p.15
	III-2-2 Les facteurs d'altération	p.32
	III-2-3 Tests de restauration	p.37
IV.	PROGRAMME DES TRAVAUX	p.41
	IV-1 Le parti de restauration des sculptures :	p.42
	IV-2 Traitement de l'air de la cave	p.42
	IV-3 Les interventions sur les parois et les voûtes	p.43
	IV-4 Les interventions sur les sculptures :	p.45
V.	DOCUMENTATION PHOTOGRAPHIQUES	p.49
	V-1a Groupe N :	p.50
	V -1b Groupe N :	p.52
	V-1c Groupe L:	p.54
	V-1d Groupe I-J :	p.56
	V-1e Groupe H :	p.58
	V-1f Groupe EFG :	p.61
	V-1g Groupe D :	p.65

Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



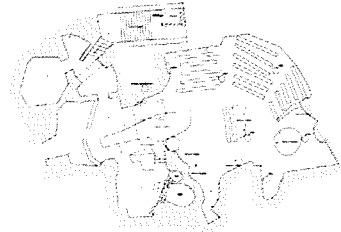
V-1h Groupe B :	p.67
V-1i Groupe AA' :	p.69
VI. DOCUMENTATION GRAPHIQUES	p. 71
01 Plan général cave et parking	p.73
02 Plan cave seule	p.74
03 Coupe longitudinale	p.75
04 Coupes transversales	p.76
05 Plan parking	p.77
VII. DOSSIER des ANALYSES	p. 78
Conclusions	p. 89
Rapport d'examen Nr. 9309 – 04	p. 94
Rapport d'examen Nr. 9310 – 04	p. 95
Rapport d'examen Nr. 9311 – 04	p. 96
Rapport d'examen Nr. 9312 – 04	p. 99
Rapport d'examen Nr. 9313 – 04	p. 100
Rapport d'examen Nr. 9314 – 04	p. 101
VIII. FICHES TECHNIQUES	p. 102

Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



I. OBJET DE L'ETUDE

Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



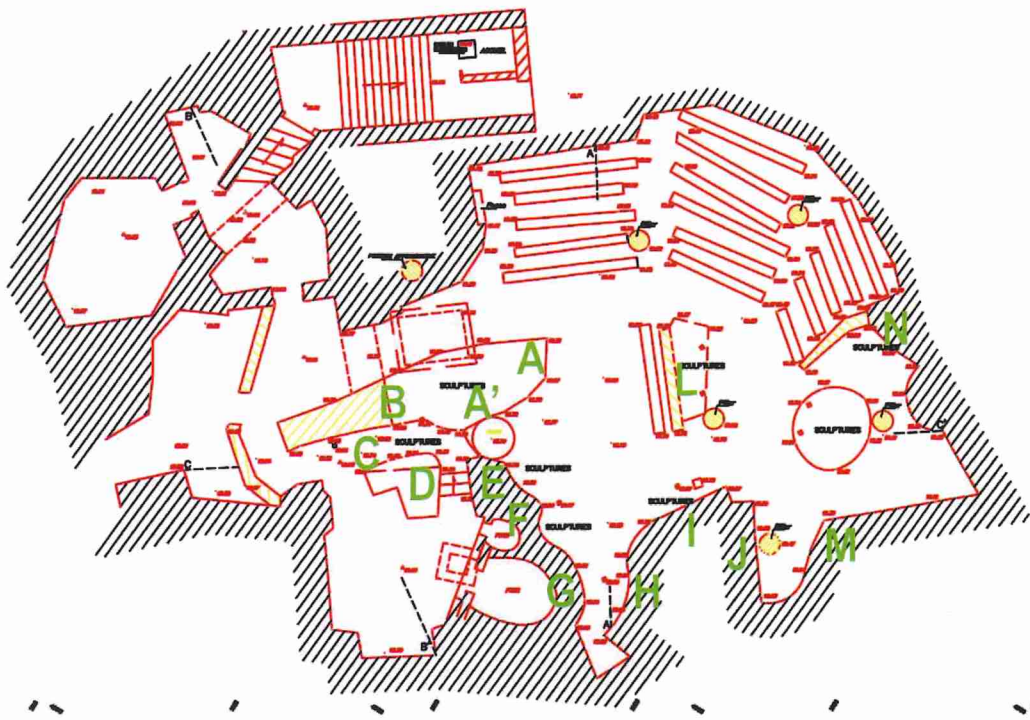
I-1 Etude de l'état de conservation des sculptures :

L'étude de la cave aux sculptures comprend :

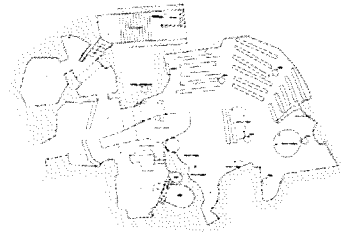
- 1) Une synthèse des études et des travaux antérieurs. Des analyses des sels et des matières colorantes. La mise en place de capteurs pour mesurer en continue la température et l'humidité.
- 2) La définition et des tests de diverses techniques pour pré consolider, nettoyer et dessaler les parements sculptés. Une évaluation des résultats
- 3) Le traitement d'une partie de la cave sculptée
- 4) Le protocole de conservation préventive et de restauration des sculptures.

L'ensemble des informations recueillies au cours de cette expertise est l'objet de ce dossier.

Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



II. HISTORIQUE

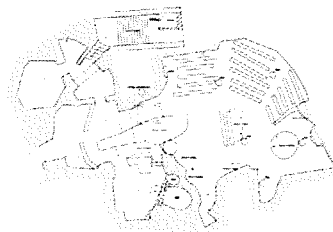


II-1 CHRONOLOGIE HISTORIQUE ABREGEE DE LA CAVE :

« Le village de Dénezé sous Doué est situé sur la rive sud de la Loire, à l'ouest de Saumur, aux confins de la Touraine et du Poitou, à 5km au Nord de Doué-la-Fontaine et à une trentaine de km à l'est d'Angers, dans une région crayeuse truffée d'habitations troglodytes. Ce village possède la particularité de receler dans le centre des Mousseaux une cave aux murs couverts de sculptures du XVIe siècle. »¹

- XVIe siècle les Mousseaux de Dénezé n'était qu'un hameau d'artisans tisserands et de tailleurs de pierre.
- 1568 Le village fut détruit par l'armée protestante.
- Les troglodytes des Mousseaux de Dénezé étaient organisés en une communauté groupant catholiques, protestants et quelques juifs.
- Les tailleurs de pierre étaient organisés en une confrérie libertaire mais après l'arrêt de Villers Cotterets de 1539 abolissant les confréries de métiers, ils entrèrent dans la clandestinité. C'est à ce moment qu'ils se réunirent de façon officieuse dans des souterrains et qu'ils s'exprimèrent sur les parois de la caverne.
- 1663, le curé de Dénezé s'établit dans le manoir voisin et y découvre la caverne sculptée et ses sculptures jugées hérétiques. Le souterrain d'accès est donc muré deux ans plus tard.
- 1740, un autre curé fait percer la voûte de la caverne. Le doyen du chapitre prélève les plus belles têtes sculptées et fait remblayer ce temple païen le signalant par lettre à l'évêque d'Angers.
- 1876, cette lettre est retrouvée par Célestin Port archiviste qui pénètre dans le souterrain et aperçoit quelques sculptures qu'il date du XVII^e.
- 1956 et en 1965 J. et C. Fraysse s'introduisent dans les lieux. Ils alertent divers spécialistes.
- 1968 Une intervention auprès d'André Malraux est effectuée en vue de préserver le site.

¹ In Minéraux et Fossiles, 1981, n°74

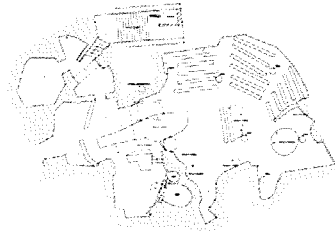


- 1969. Le site est inscrit à l'inventaire supplémentaire des Monuments Historiques le 9 Octobre
- 1977, la commune acquiert le terrain. Le site est dégagé et ouvert au public.
- 1982 Des travaux sont menés par le département, la région et l'état en raison de la prolifération d'algues et de mousses. Pose de la dalle de béton.

II-2 BIBLIOGRAPHIE CHRONOLOGIQUE DES ETUDES DE LA CAVE :

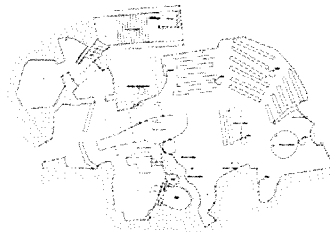
- 1782, Narration de la visite du Doyen du chapitre Bernard Domange. Il décrit cette cave en la qualifiant de « temple effondré » et récolte des têtes cassées « d'allure antique à bouche ouverte ».
- 1876, Dictionnaire historique, géographique et biographique du Maine et Loire de Célestin Port, tome 2, éd. Demoulin.
- 1963, Gallia, les mégalithes du Maine et Loire du Dr Gruet, tome 2. il a réalisé un relevé de la cave.
- 1964, Les troglodytes en Anjou à travers les âges de J et C. Fraysse tome 3. ils qualifient la cave de puits aux sculptures sans avoir véritablement découverts ce fameux puits.
- 1967, Actes du symposium de Cordes, C.I.R.A.C, article de R.Mauny, Les sculptures érotiques et hérétiques de la cave des Mousseaux à Denezé-sous-Doué
- 1973, Les souterrains, Numéro spécial d'Archéologia article du Professeur Mauny, Les sculptures de la Roche Clermault à Denezé. Il a dénombré les personnages du panneau 1 et a réalisé un croquis numéroté. Les moisissures et champignons lui masquant les détails.
- 1975, Subterranea n°14, article de P.Piboule, Les diableries de Doué
- 1976, Les caves énigmatiques de Denezé-sous-Doué de Albert Chéron de la Chesnaye

Il intervient une première fois en juillet 1967 pour placer des tôles et des bottes de pailles puis en 1974 les travaux de campagne mettent au jour un ensemble sculpté de près de 100m² qu'il s'agissait de couvrir et de clore aussitôt. Il entreprend un dégagement très minutieux des moisissures et met au jour les



détails des sculptures sur le panneau D. Il découvre en 1975, le panneau B avec l'équipe C.A.I.N.O. Albert Chéron de la Chesnaye visite la cave en 1975 avec l'autorisation des propriétaires de la parcelle M et Mme Douet Roulleau. Il y fait la description succincte de la caverne qu'il trouve effondrée. Il y rapporte aussi la visite des époux Fraysse et les commentaires de Célestin Port. Les époux Fraysse lui ont remis des morceaux de sculptures qu'ils avaient récoltés lors de leur visite. Chéron de la Chesnaye remarque un passage accédant à un éboulis qui faisait depuis le sol un puits d'aération qu'il qualifie de détérioration. L'humidité s'y infiltrait et activait la dégradation de la roche. A cette époque les panneaux N, M, L, H-I-J et C ne sont pas découverts.

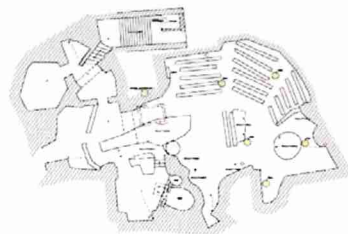
- 1981, Minéraux et fossiles, n°74 article La Géologie au service de l'archéologie : les maladies de la pierre et les problèmes de conservation de la cave aux sculpture de Denezé sous Doué réunissant A et P Blanc, P Gillon, A et D List et C et J Lorenz. Ils considèrent le site comme unique en Occident, recensant près de 300 personnages sans compter les fragments. Ils constatent que malgré les travaux de consolidation de Héron de la Chesnaye à partir de 1978 et 1979 un processus de dégradation et d'altération rapide s'installe. Fin 1979, une étude sur place de la roche et de ses altérations est décidée. Des observations géologiques démontrent que la cave creusée dans le tuffeau, craie légère et résistante, blanchissant à l'air est située sur un terrain de sables et d'argiles pyriteuses du Cénomaniens inférieur d'où proviennent certainement des remontées d'eaux sulfureuses. L'analyse démontre des traces ferrugineuses en partie basse de la craie. Ils dénotent trois types d'altérations, un tapis vert d'algues dans les zones très humides, un tapis fin d'aiguilles transparentes de salpêtre dans les zones riches en nitrates, une couche de larges pellicules blanches se craquelant (peut être due à un ancien blanchiment à la chaux ?) et enfin une poussière jaune contenant du gypse. En conclusion de leur étude géologique, ils déterminent les trois agents de dégradation à éliminer : les nitrates de potasse d'origine naturelle, les sulfates de calcium et les développements végétaux dans les zones humides. Les propositions et mesures de sauvegarde sont les suivantes : un retour aux conditions climatiques initiales par la fermeture du site ou la couverture de site de façon



étanche, prévoyant un drainage du sol, un traitement algicide, un drainage extérieur, un détournement des eaux pluviales et usées des propriétés environnantes et un nettoyage des sels de surface sur les sculptures.

- 1989, Bulletin Société Historique et Archéologique du Périgord, tome CXVI, article la caverne sculptée de Denezé-sous-Doué par Annie Brethon et Daniel List. A cette date l'accès à la caverne se fait par un escalier appareillé à l'ancienne. Ayant sensibilisé les autorités sur le fait que la cave se détériorait dans les années 80, ils élaborent une conduite à tenir face à ce problème et établissent dans ce texte une datation des sculptures (XVI^e siècle), une description précise des éléments sculptés et parlent pour la première fois de cette confrérie de tailleurs de pierres réfugiés dans ces cavernes et qui seraient les auteurs de ces œuvres. Ils n'y font pas d'analyse des détériorations mais ont consacré de nombreux articles à cette cave.
- 1993 Jacques Carré, géomètre à Angers relevés :
Plan général, de surface intérieur et coupes transversales, et longitudinales
- 1995, Etude concernant l'intervention d'urgence sur trois panneaux réalisée par la Société Groux sarl. En conclusion de cette étude, il a été démontré que l'état des sculptures à cette époque était très alarmant. La comparaison de l'état des éléments sculptés avec les photos prises lors de la découverte de la cave a démontré que certaines sculptures étaient devenues totalement illisibles. Une intervention d'urgence sur les panneaux G,H et L a été décidée pour la conservation à court terme des sculptures, stoppant simplement les effets du mal pour quelques temps mais un traitement de dessalement de la paroi avait été proposé pour conserver les sculptures. L'intervention de sauvetage comprenait une élimination des sels en surface, un traitement algicide, une consolidation du tuffeau et de collages.

Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION

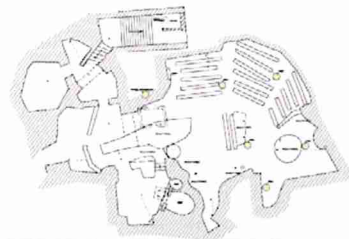


II-3 DOCUMENTS DE LA BASE DE DONNEES « MERIMEE » DU MINISTERE DE LA CULTURE :

Fiche signalétique de la cave

titre Caves dites des Mousseaux
localisation Pays de la Loire ; 49 ; Dénezé-sous-Doué
dénomination abri sous roche
éléments protégés sous sol
MH
époque de 2e moitié 16e siècle
construction
décor Sculpture
Propriété de la commune
date protection MH 1969/10/09 : inscrit MH
Caves dites des Mousseaux y compris leur décor intérieur
(cad. AB 13, 15) : inscription par arrêté du 9 octobre 1969
type d'étude Recensement immeubles MH
N° notice PA00109077
© Monuments historiques, 1992

Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



III DESCRIPTION ET ETAT SANITAIRE DES OUVRAGES



III-1 DESCRIPTION, LOCALISATION ET NUMEROTATION DES OUVRAGES:

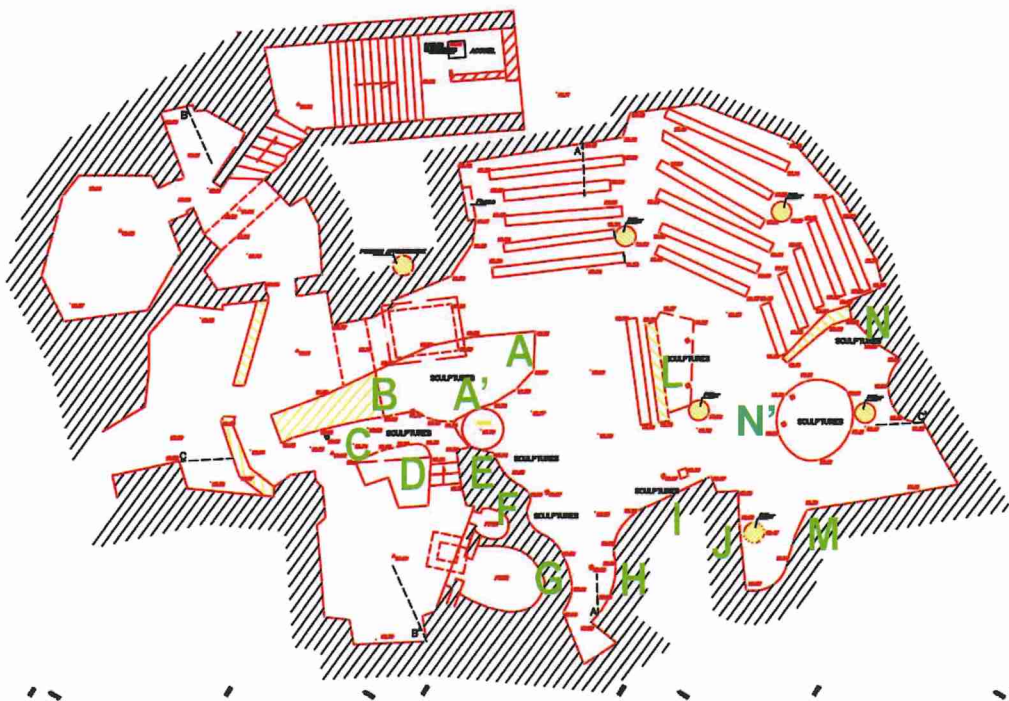
Les sculptures sont taillées directement dans la paroi de tuffeau et suivent les circonvolutions des galeries. Elles s'organisent par groupe sur plusieurs registres distincts étagés les uns au-dessus des autres. Les perspectives sont sommaires et sont simulées par les différences de taille des statues.

La plupart des sculptures sont taillées en bas ou hauts reliefs quelques unes sont détachées par accident.

Du point de vue stylistique, les sculptures peuvent être qualifiées de naïves par rapport à la production classique du XVI^e siècle.

Les historiens et les différents auteurs qui nous ont précédé ont établi un plan de repérage pour l'ensemble des groupes sculptés.

Ci-dessous la localisation des groupes sculptés identifiés par une lettre.

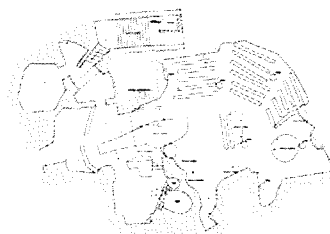


Localisation des blocs sculptés

Les groupes ne contiennent pas tous la même quantité de personnages.

On remarque également qu'il manque des lettres ou que certaines ont été doublées.

Nous ne connaissons pas l'origine de ces modifications mais cette numérotation est celle qui doit être retenue dans le cadre de cette étude.



III- 2 ETAT SANITAIRE DES OUVRAGES

Entre le XVI^e siècle, date supposée de la réalisation des statues et aujourd'hui le site a considérablement évolué et connu un grand nombre de vicissitudes.

A l'origine, il faut nous imaginer une cave entièrement creusée dans le tuffeau avec des parois et une voûte.

Au cours du temps, cette voûte a été détruite et la cave remplie de gravats de toute nature même si des parois restèrent accessibles. Au milieu des années soixante dix, une grande partie de la cave est déblayée et les parois sont mises au jour. Durant quelques années la cave reste à ciel ouvert seulement protégée par une charpente succincte recouverte de tôles et de bâches en plastique. En 1982, on décide enfin de protéger cet ensemble par une dalle de béton. Elle sera conçue pour reposer sur un certain nombre de piles réparti régulièrement et pour servir de parking aux visiteurs.

Grâce à cette couverture une partie des problèmes de conservation fut réglée. Mais les cheminées d'aération² qui assurent la ventilation de la cave afin de limiter les effets du confinement occasionnent des mouvements d'air trop intenses qui favorisent l'évaporation et la cristallisation des sels du fait du réchauffement ou du refroidissement de la cave.³ Ces phénomènes engendrent des évaporations des eaux contenue dans la roche et le sous sol. Des sels de diverses origines, se déposent et se concentrent en surface comme l'ont décrit en 1981, A et P Blanc, P Gillon, A et D List et C et J Lorenz. Aujourd'hui certaines statues continuent d'être rongées par les sels qui enchaînent leurs cycles de cristallisation.

Les dégradations observées sur les sculptures sont localisées. Toutes les sculptures ne sont pas affectées par les mêmes polluants et les dégradations ne sont pas homogènes. En partie basse l'humidité est plus importante et nous observons des développements d'algues vertes. En partie supérieure des parois, nous observons une concentration des dégradations dues aux sulfates (gypse). Entre ses deux horizons nous avons des cristallisations de salpêtre dues aux nitrates.

Le climat du lieu est subtil. A l'ambiance générale s'additionnent de multiples facteurs qui engendrent autant de micro climat. Ici, ils sont favorisés par les diverses aérations

² Voir plan

³ Cf mesures climatiques ci-après.



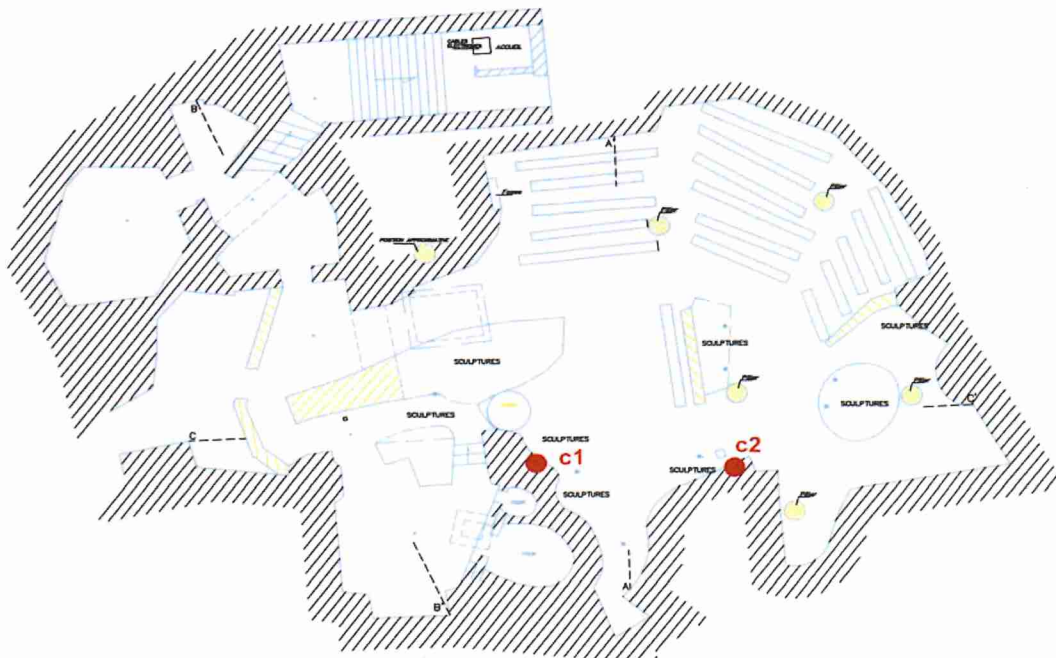
naturelles ou artificielles, là par la dimension du rocher par la réactivité de la roche ou de la dalle de béton etc.

III-2-1 LES CONDITIONS DE CONSERVATION RELEVES TEMPERATURE HUMIDITE :

La définition du futur protocole de restauration et de conservation des sculptures ne peut être défini qualitativement et quantitativement que par rapport à des données objectives. Pour connaître les conditions de conservation des sculptures des capteurs⁴, programmés pour mesurer et enregistrer la température et l'humidité du site toutes les 20 minutes ont été placés pour une durée d'une année (de janvier 2004 à mars 2005) dans la cave. Les capteurs ont été posés à deux emplacements distincts pour révéler l'existence de ces micros climats.

Localisation des capteurs :

C1 capteur situé à l'entrée, C2 capteur situé au fond de la cave



Plan de localisation des capteurs

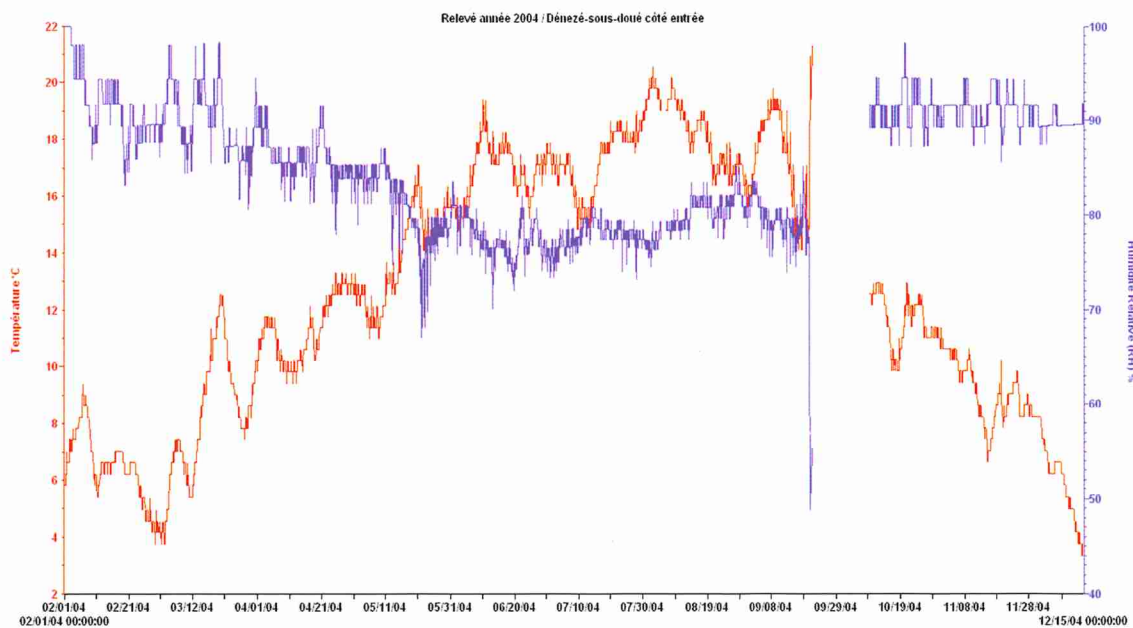
⁴ Voir fiches techniques en fin de document

Maine et Loire
 DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
 LA CAVE SCULPTÉE
 ÉTUDE et DÉFINITION d'un
 PROTOCOLE de RESTAURATION

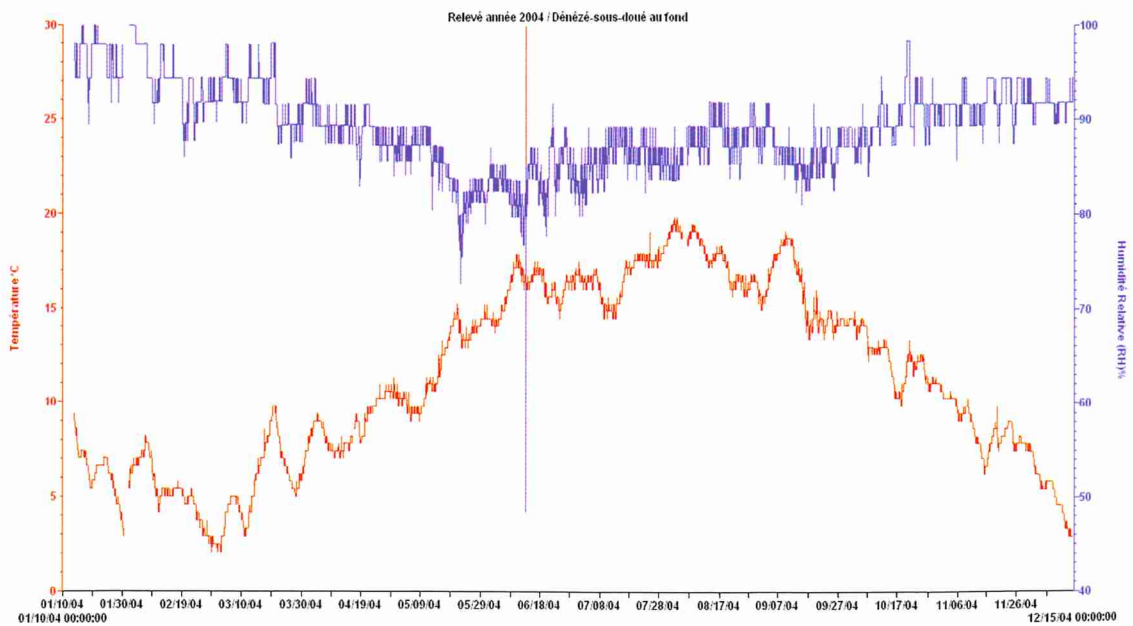


Ci-après l'ensemble et le détail mois par mois de ces données.

Courbe générale de l'année 2004 du capteur proche de l'entrée et de l'aération



Courbe générale de l'année 2004 du capteur situé plus au fond dans la cave



L'échelle de température (ligne rouge) se lit sur l'abscisse côté gauche

L'échelle du degré d'humidité relative (ligne bleue) se lit sur l'abscisse côté droit

Maine et Loire
 DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
 LA CAVE SCULPTÉE
 ÉTUDE et DÉFINITION d'un
 PROTOCOLE de RESTAURATION

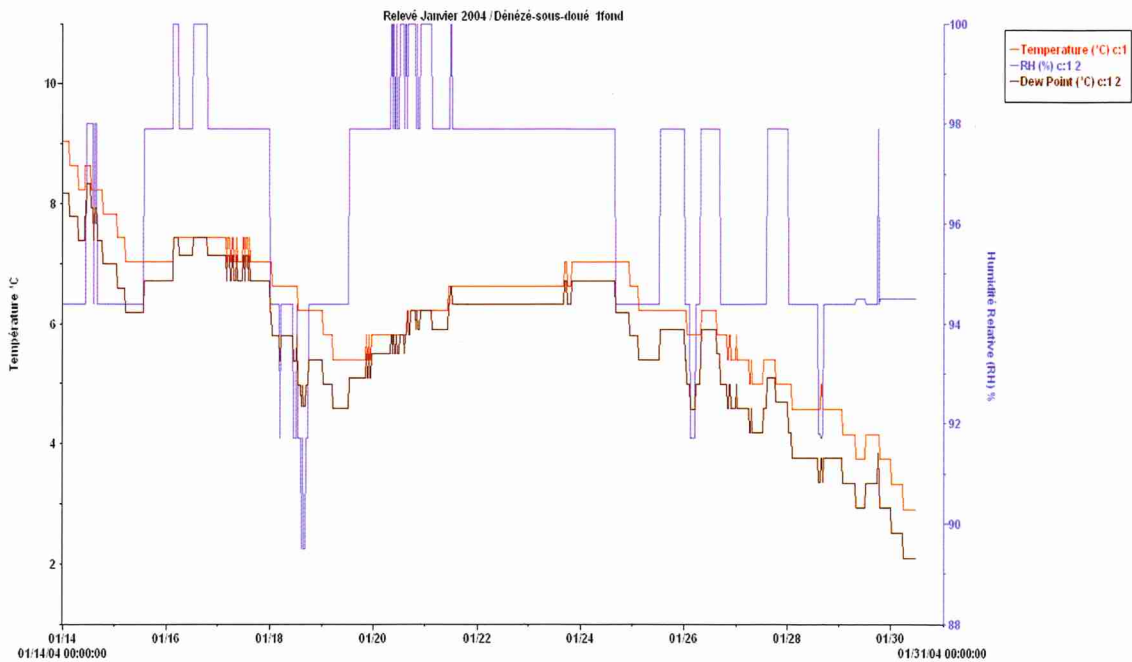


Sur les courbes d'ensemble la température varie de 3° à 20/21° et l'humidité relative varie de 65/70% à 100% (variation température et humidité sur l'année 2004)

Les 2 courbes ont des profils équivalents. Une étude détaillée montre quelques 10^{ème} de degré de différences

Sur les courbes mensuelles nous avons fait apparaître une troisième courbe. Cette courbe mesure le Dew Point (point de rosée) (ligne violette) se lit sur l'abscisse côté gauche. Ce point indique la température à partir de laquelle l'eau se transforme en gouttelette sur la paroi (c'est le phénomène de condensation). Lorsque la ligne violette rejoint ou dépasse la ligne rouge il y a condensation « il pleut »

Courbe janvier 2004 côté fond C2:

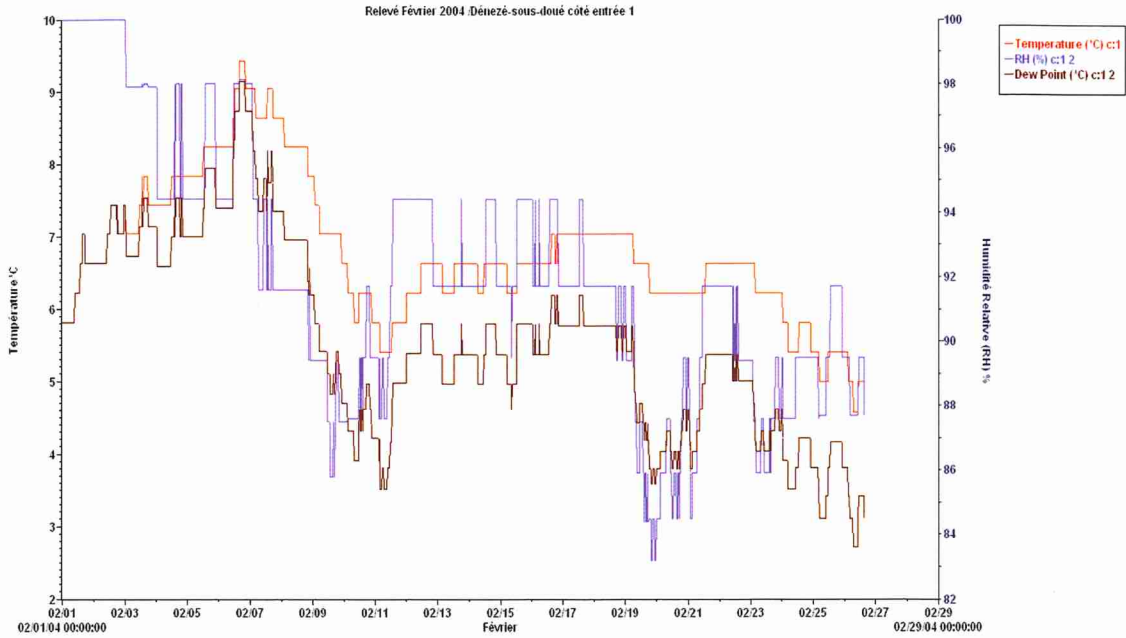


Au mois de janvier la courbe de température est souvent égale à la courbe du point de rosée. Il y a beaucoup de condensation.

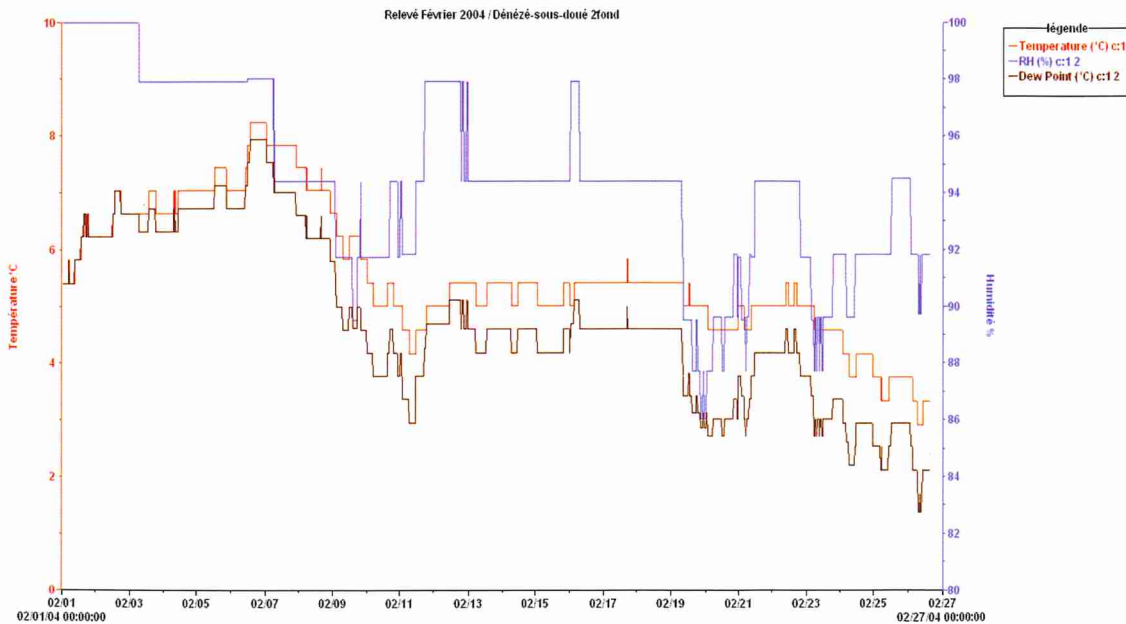
Maine et Loire
 DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
 LA CAVE SCULPTÉE
 ÉTUDE et DÉFINITION d'un
 PROTOCOLE de RESTAURATION



Courbe février 2004 côté entrée C1:




Courbe février 2004 côté fond C2:

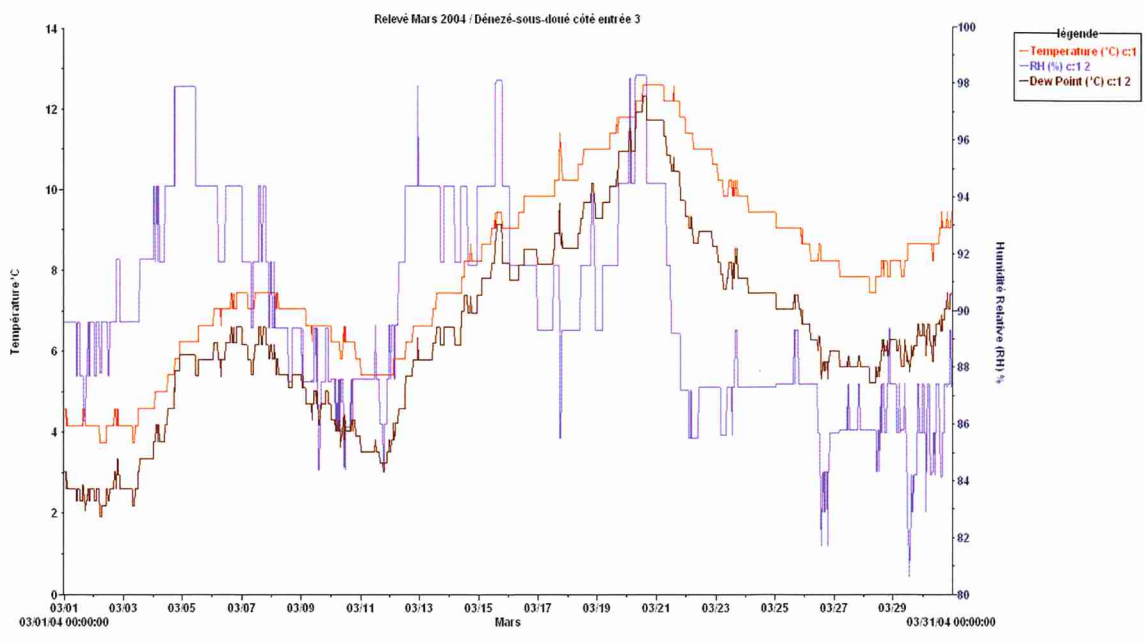


Au début du mois de février l'hygrométrie de la cave est à 100% pendant plusieurs jours.

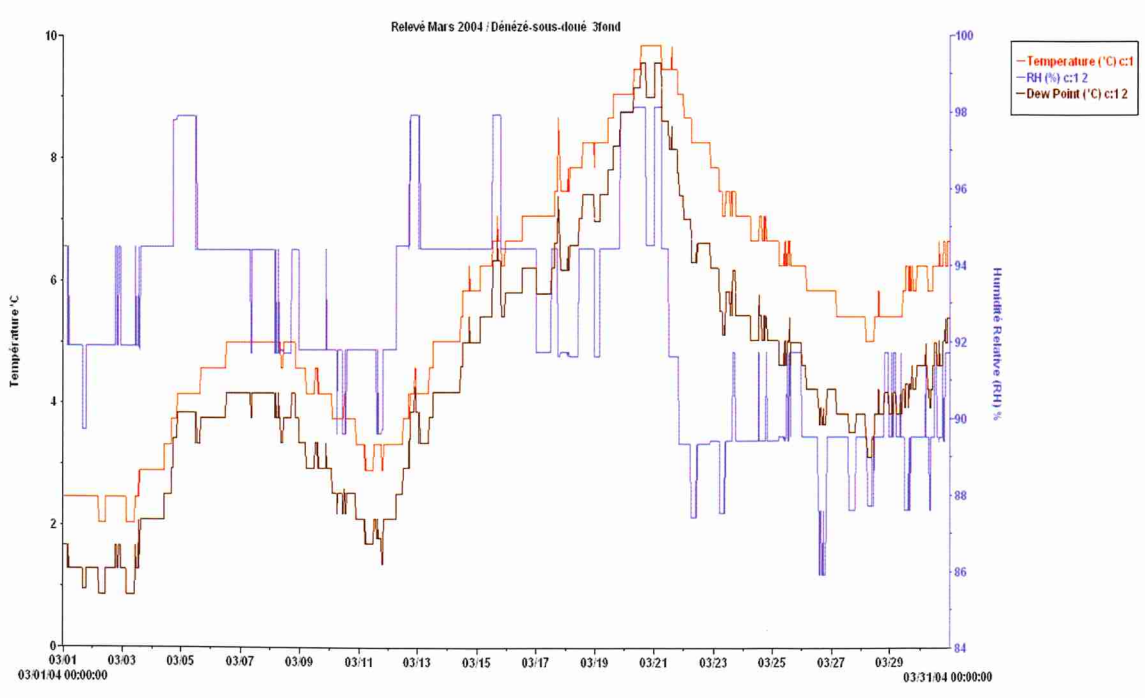
Maine et Loire
 DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
 LA CAVE SCULPTÉE
 ÉTUDE et DÉFINITION d'un
 PROTOCOLE de RESTAURATION



Courbe mars 2004 côté entrée C1:



Courbe mars 2004 côté fond C2:




Au cours du mois de Mars la cave gagne 8°C

Maine et Loire

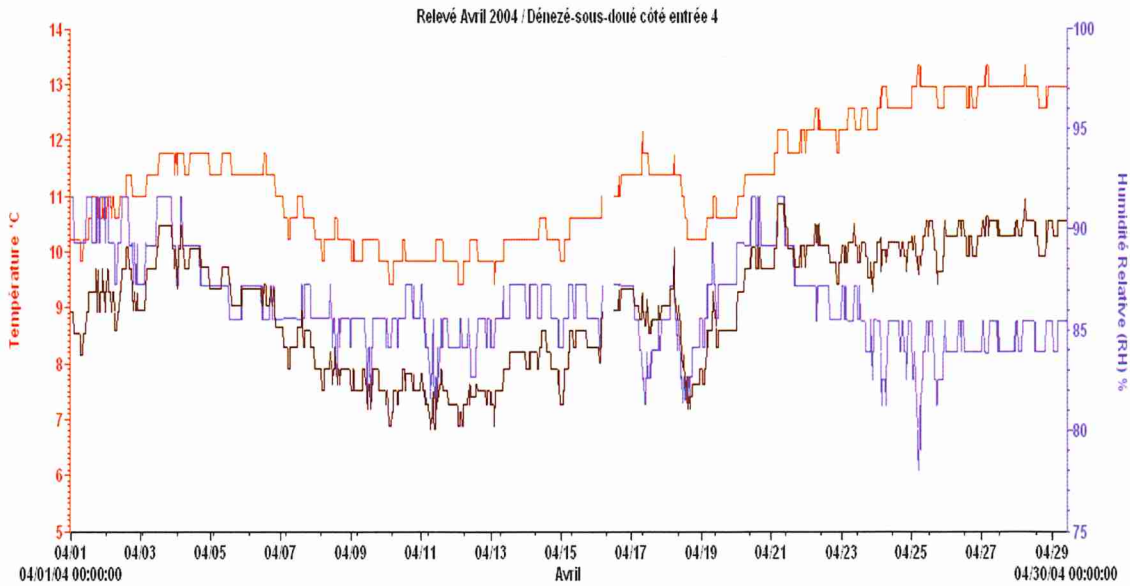
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ

LA CAVE SCULPTÉE

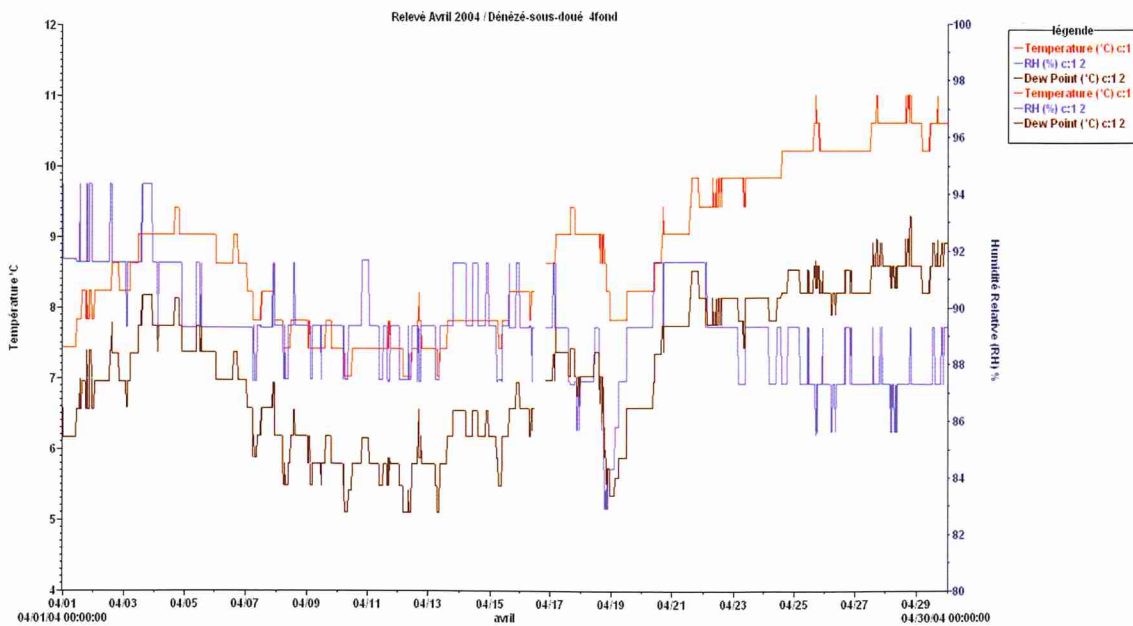
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



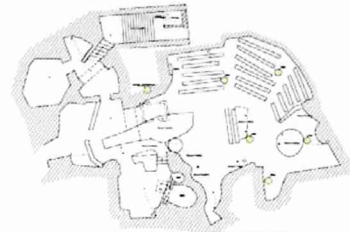
Courbe avril 2004 côté entrée C1:



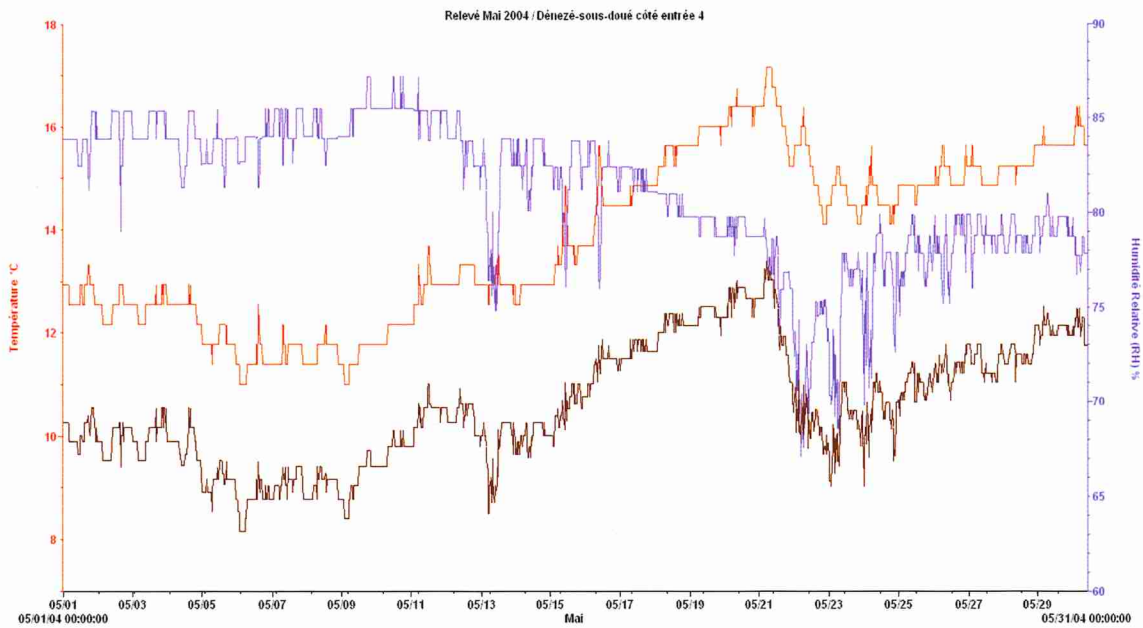
Courbe avril 2004 côté fond C2:



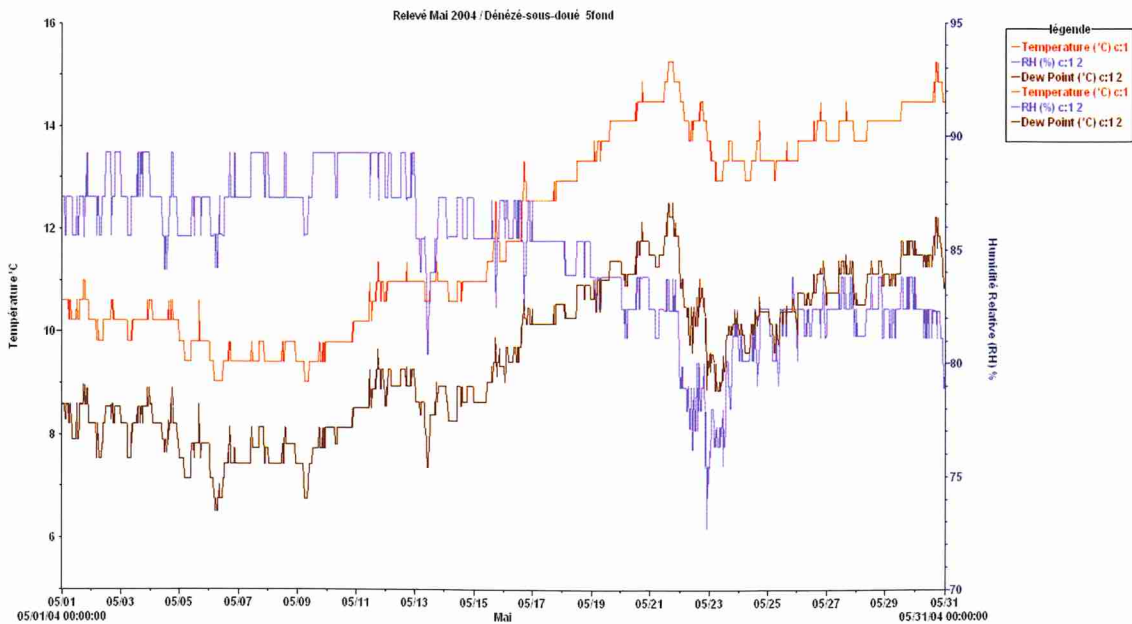
Maine et Loire
 DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
 LA CAVE SCULPTÉE
 ÉTUDE et DÉFINITION d'un
 PROTOCOLE de RESTAURATION



Courbe mai 2004 côté entrée C1:



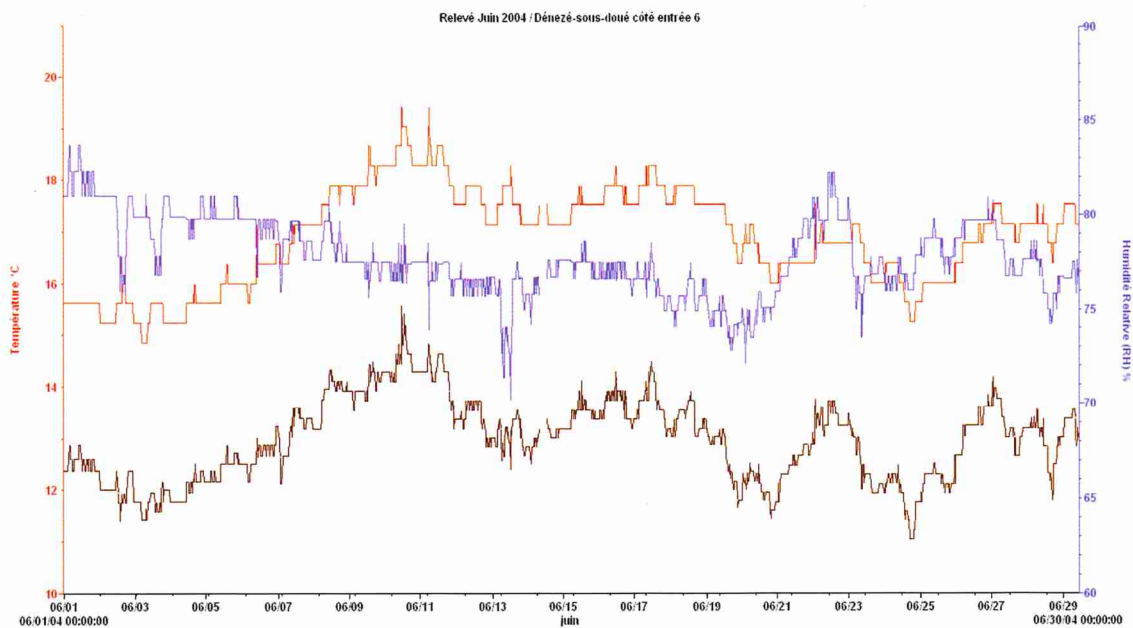
Courbe mai 2004 côté fond C2:



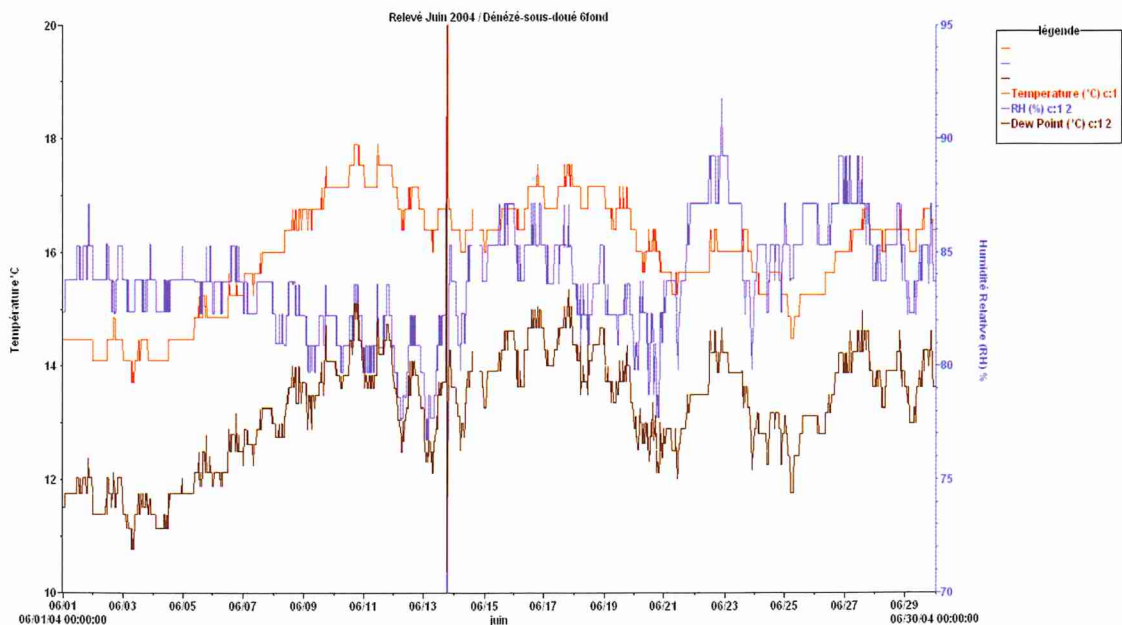
Maine et Loire
 DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
 LA CAVE SCULPTÉE
 ÉTUDE et DÉFINITION d'un
 PROTOCOLE de RESTAURATION



Courbe juin 2004 côté entrée C1:



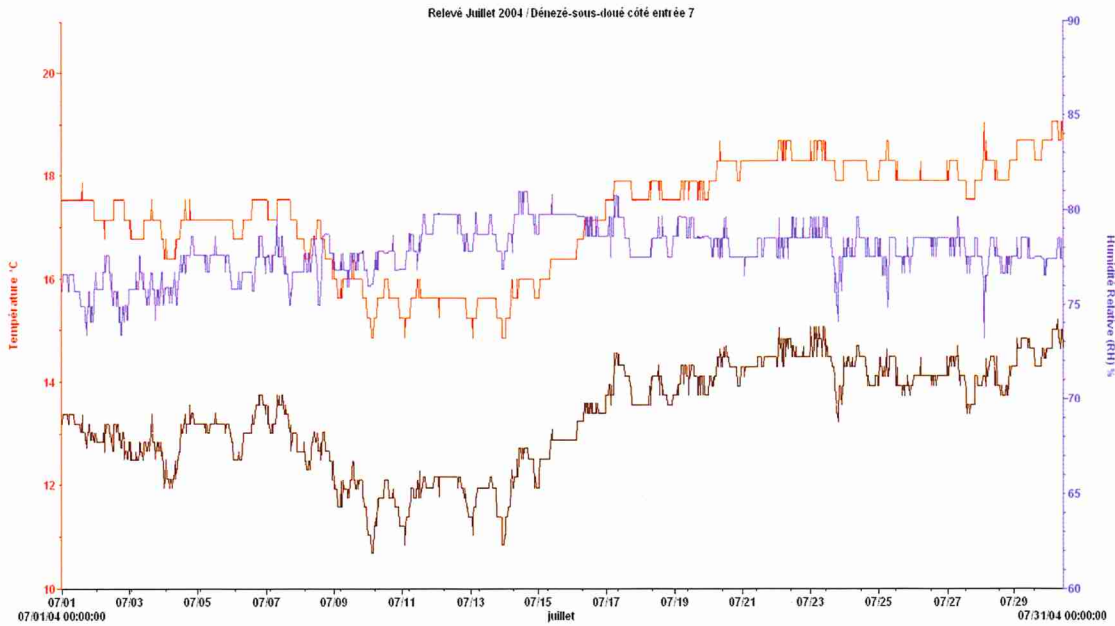
Courbe juin 2004 côté fond C2:



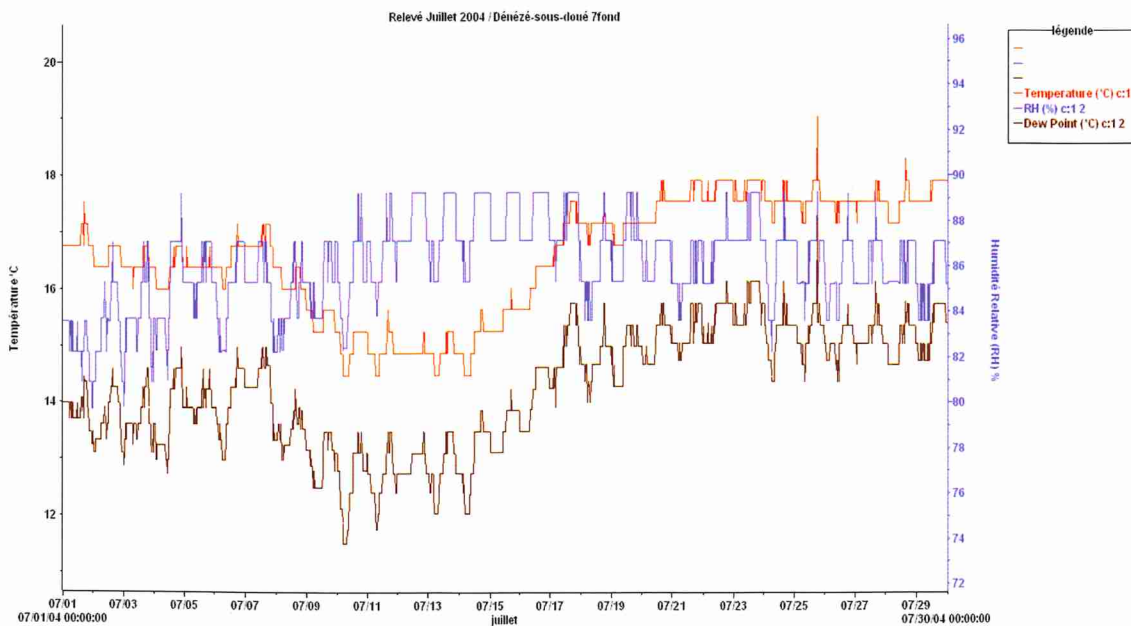
Maine et Loire
 DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
 LA CAVE SCULPTÉE
 ÉTUDE et DÉFINITION d'un
 PROTOCOLE de RESTAURATION



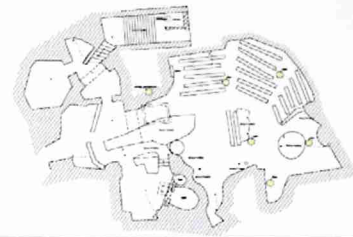
Courbe juillet 2004 côté entrée C1:



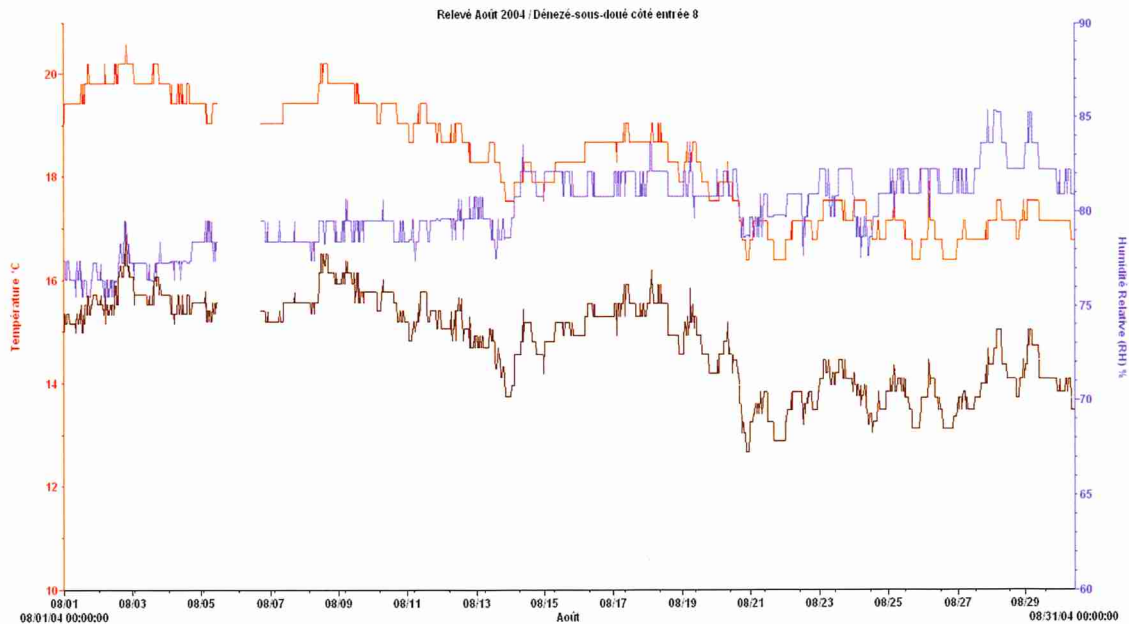
Courbe juillet 2004 côté fond C2:



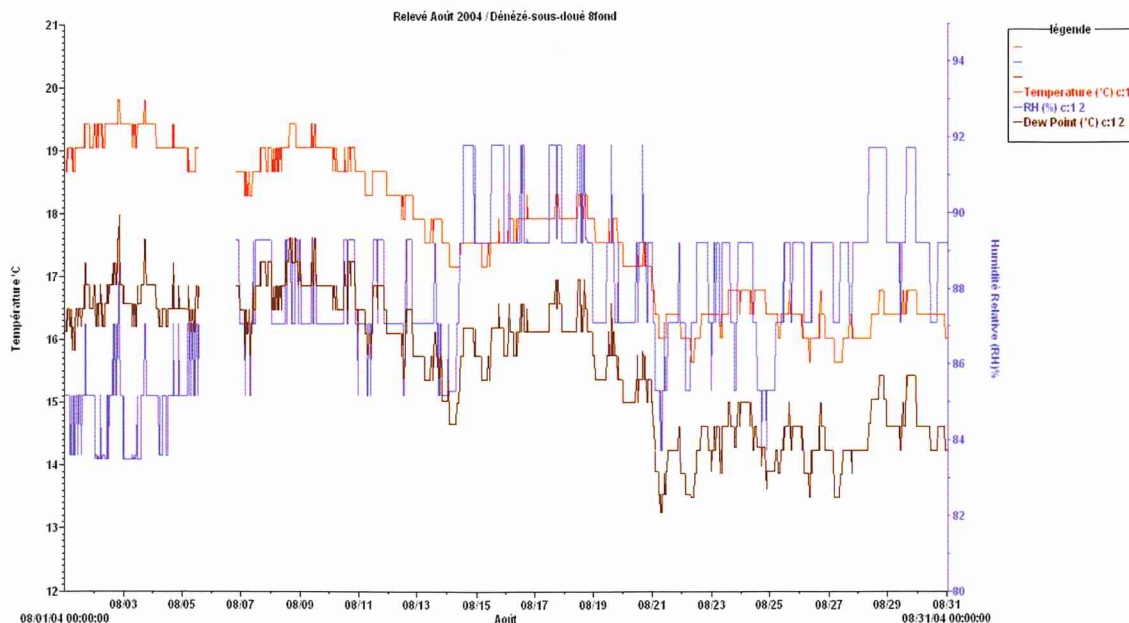
Maine et Loire
 DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
 LA CAVE SCULPTÉE
 ÉTUDE et DÉFINITION d'un
 PROTOCOLE de RESTAURATION



Courbe août 2004 côté entrée C1:

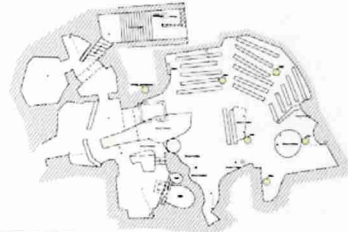


Courbe août 2004 côté fond C2:

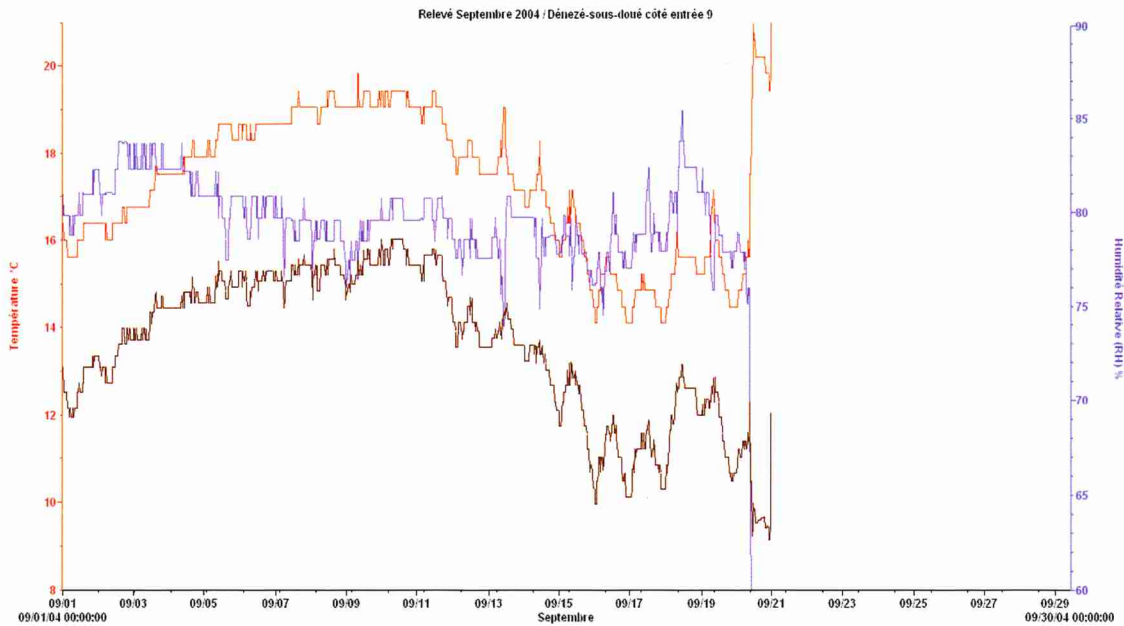


Au mois d'Août la température de la cave peut dépasser les 20°C et l'humidité relative se situe à 75%

Maine et Loire
 DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
 LA CAVE SCULPTÉE
 ÉTUDE et DÉFINITION d'un
 PROTOCOLE de RESTAURATION

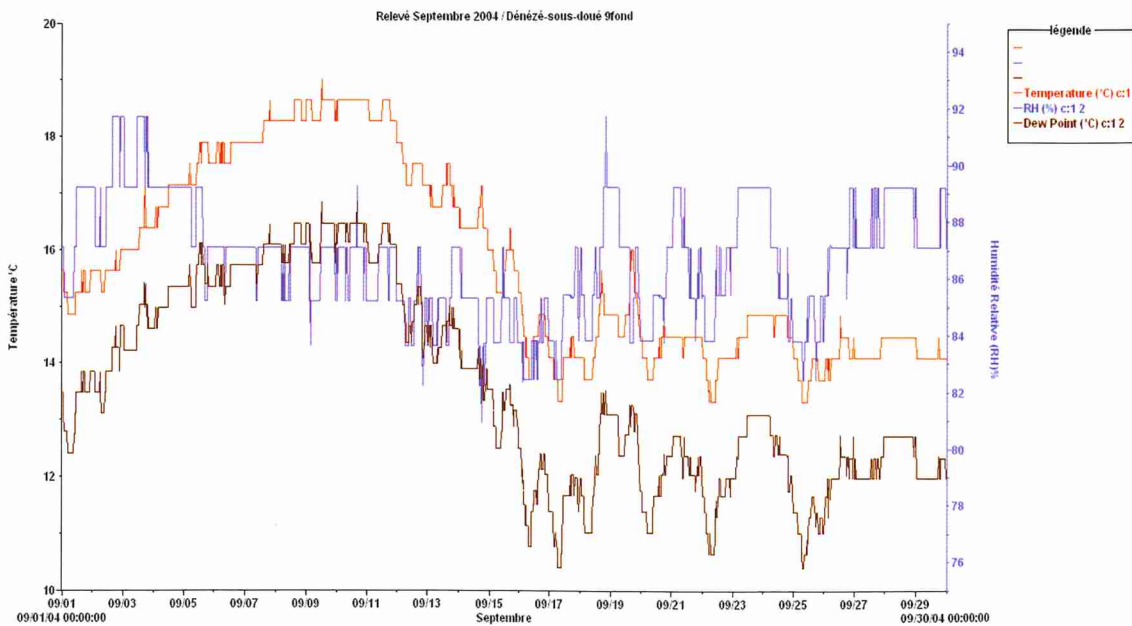


Courbe septembre 2004 côté entrée C1:



Au mois de septembre il fait assez sec l'humidité relative peut atteindre 73%

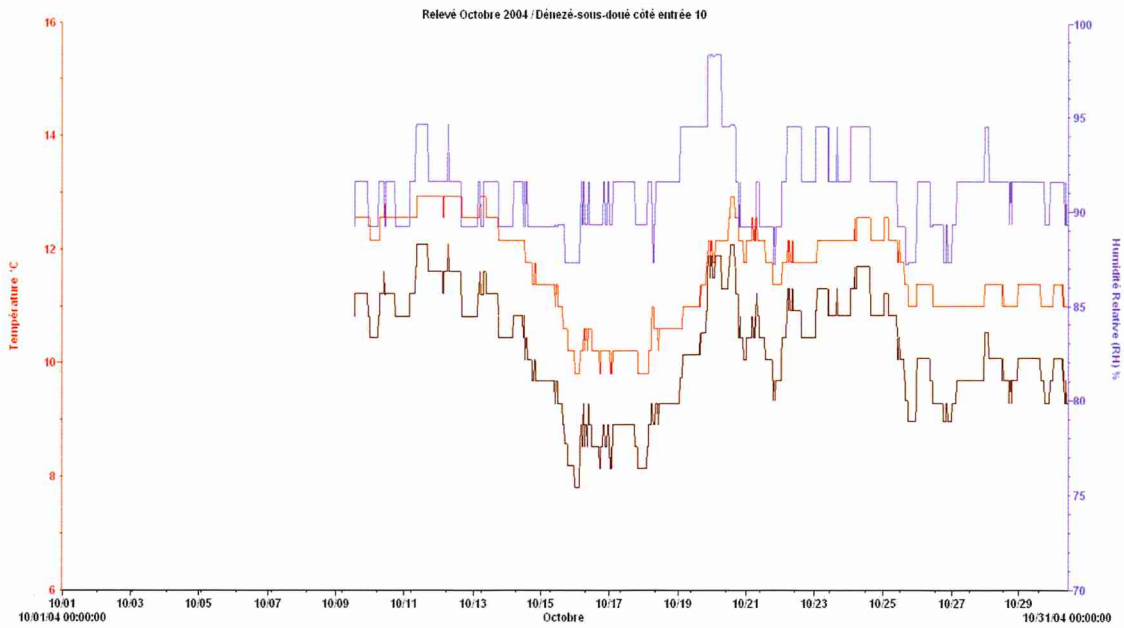
Courbe septembre 2004 côté fond C2:



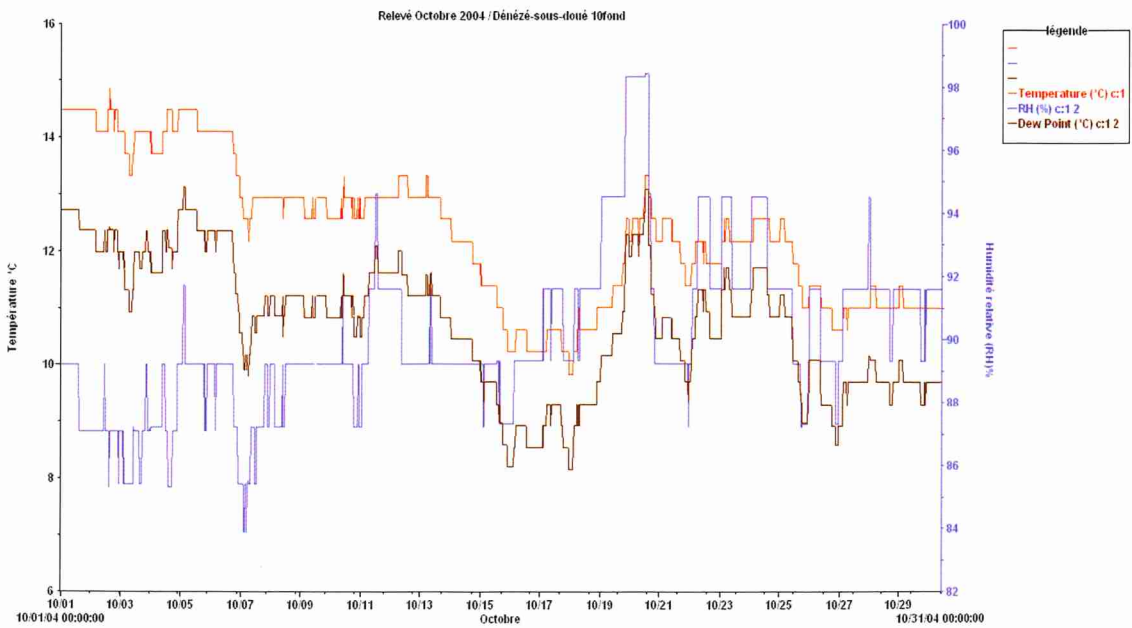
Maine et Loire
 DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
 LA CAVE SCULPTÉE
 ÉTUDE et DÉFINITION d'un
 PROTOCOLE de RESTAURATION



Courbe octobre 2004 côté entrée C1:



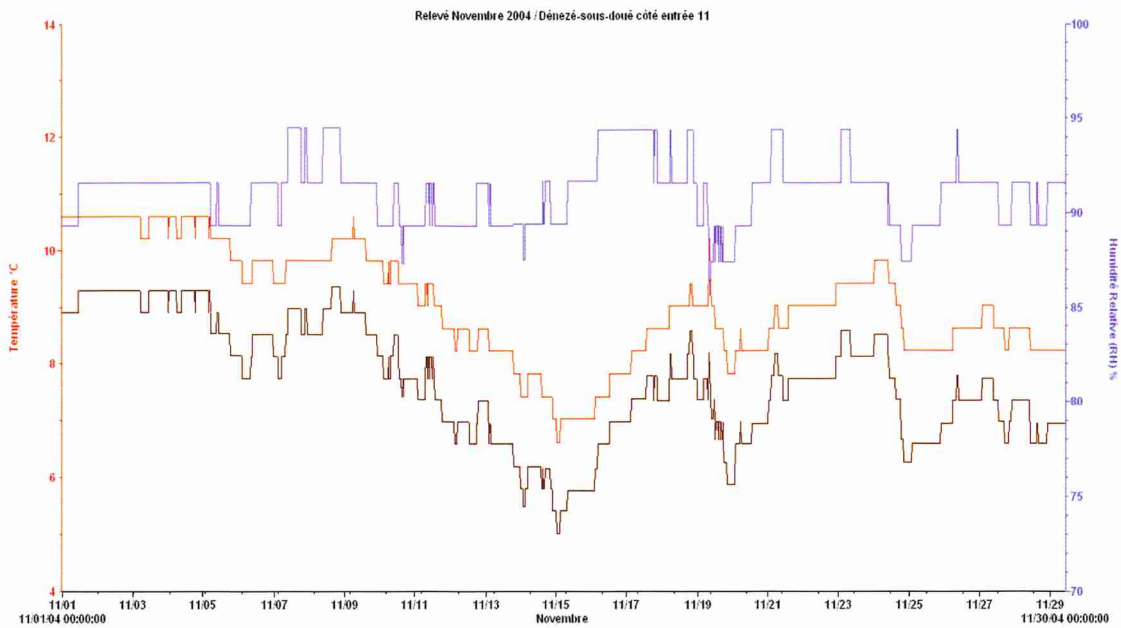
Courbe octobre 2004 côté fond C2:



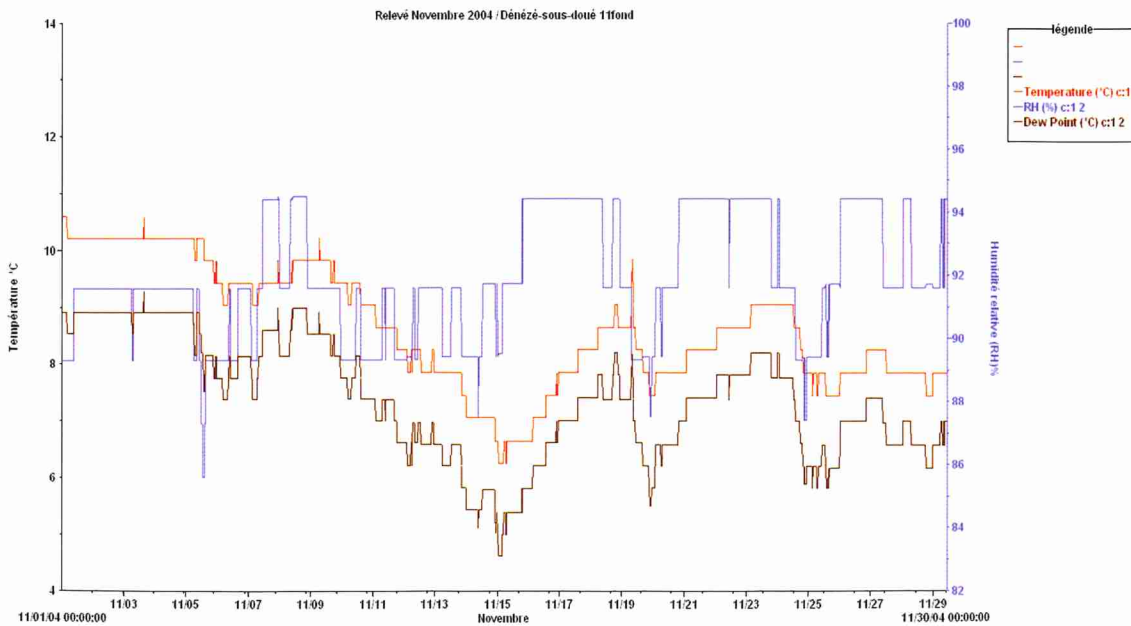
Maine et Loire
 DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
 LA CAVE SCULPTÉE
 ÉTUDE et DÉFINITION d'un
 PROTOCOLE de RESTAURATION



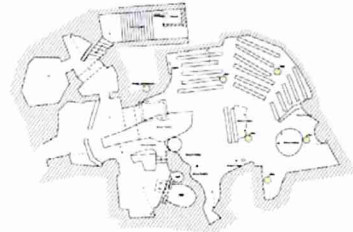
Courbe novembre 2004 côté entrée C1:



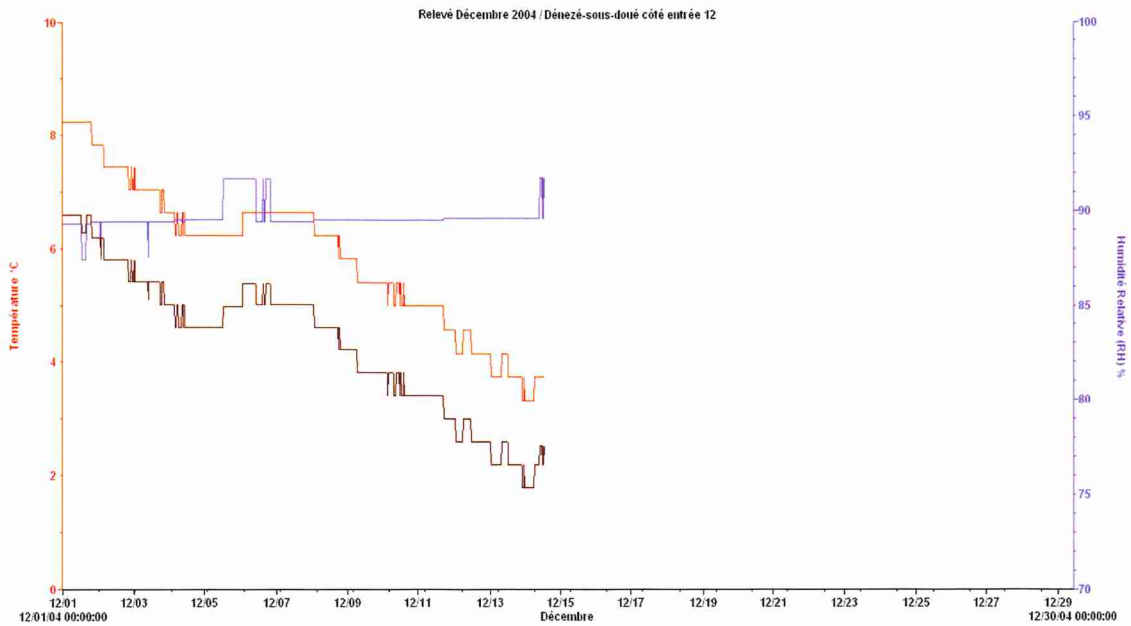
Courbe novembre 2004 côté fond C2:



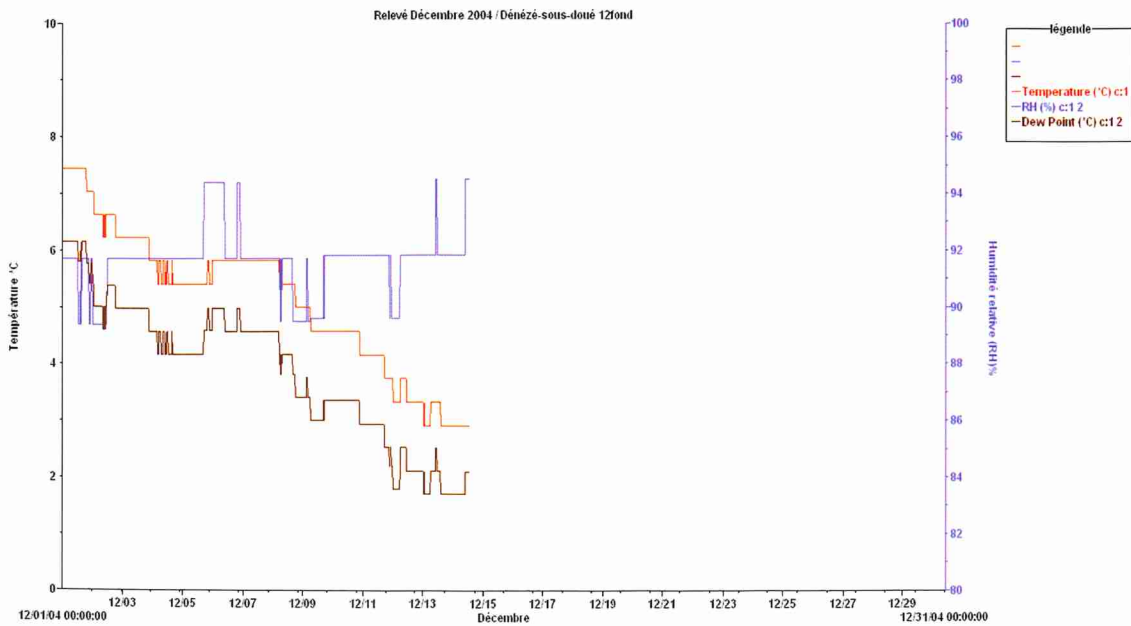
Maine et Loire
 DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
 LA CAVE SCULPTÉE
 ÉTUDE et DÉFINITION d'un
 PROTOCOLE de RESTAURATION



Courbe décembre 2004 côté entrée C1:



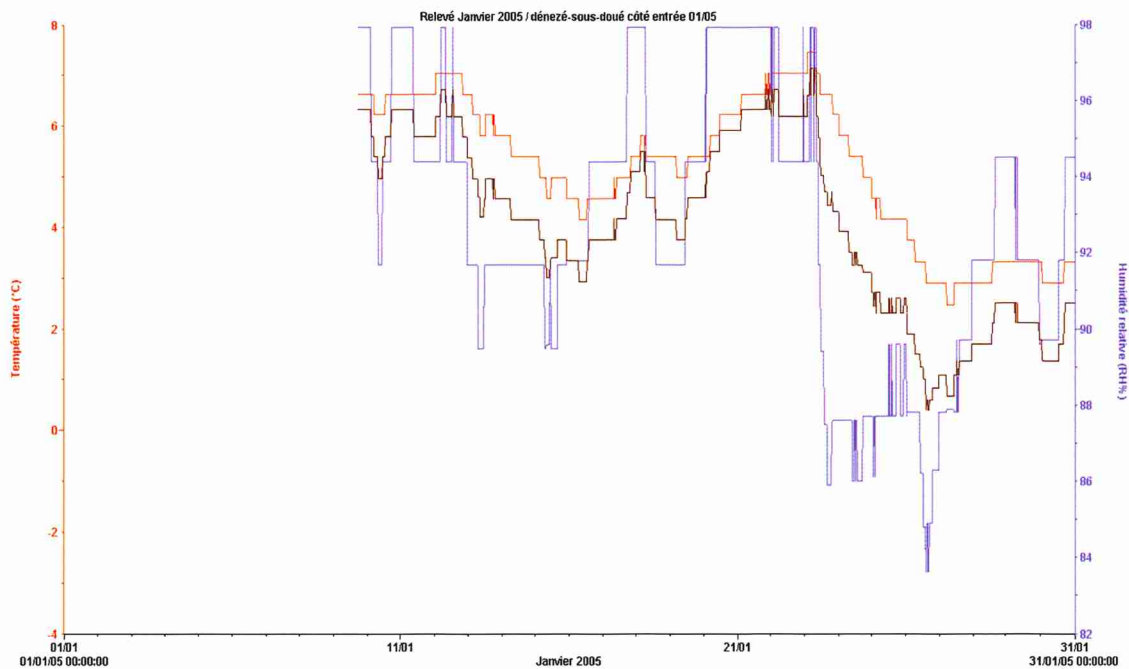
Courbe décembre 2004 côté fond C2:



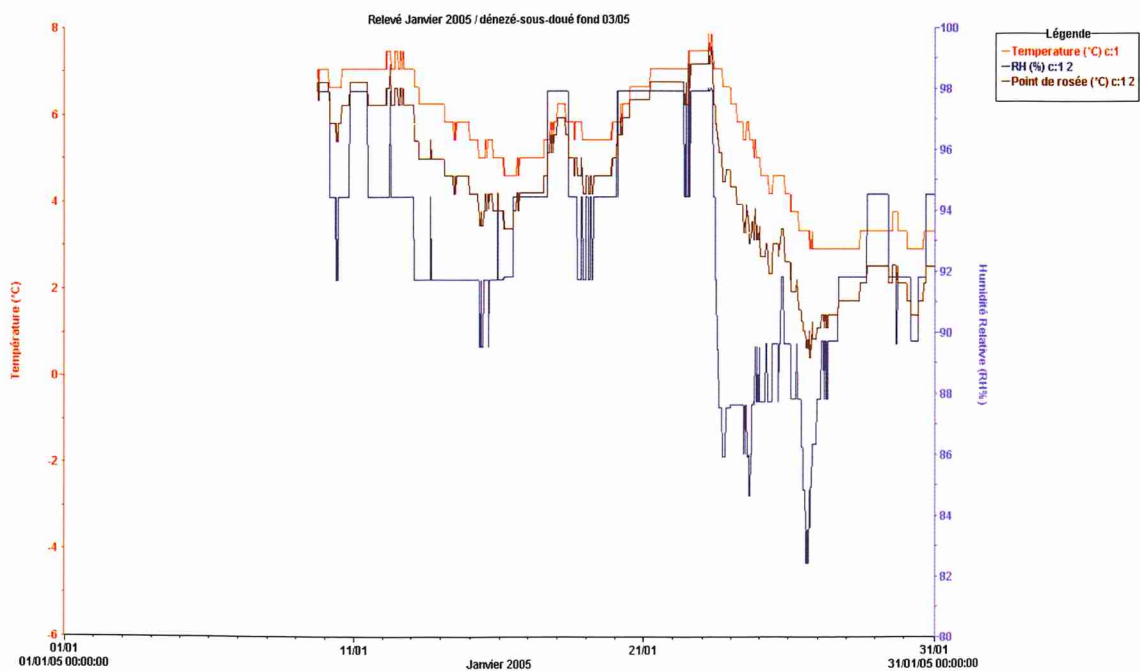
Maine et Loire
 DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
 LA CAVE SCULPTÉE
 ÉTUDE et DÉFINITION d'un
 PROTOCOLE de RESTAURATION



Courbe janvier 2005 côté entrée C1:



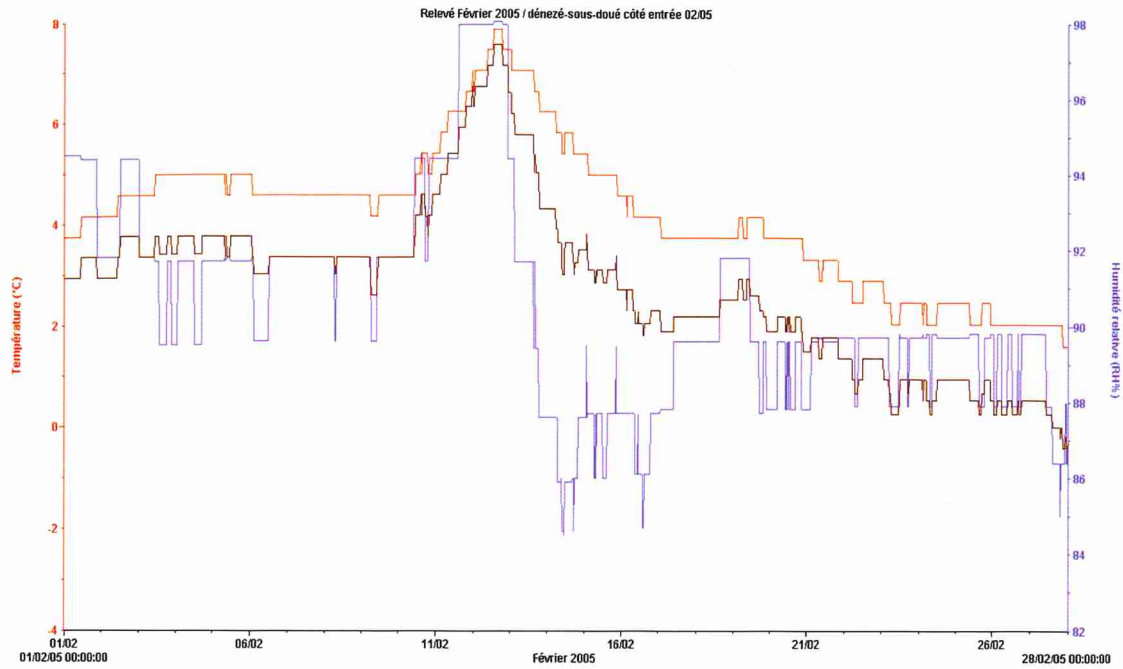
Courbe janvier 2005 côté fond C2:



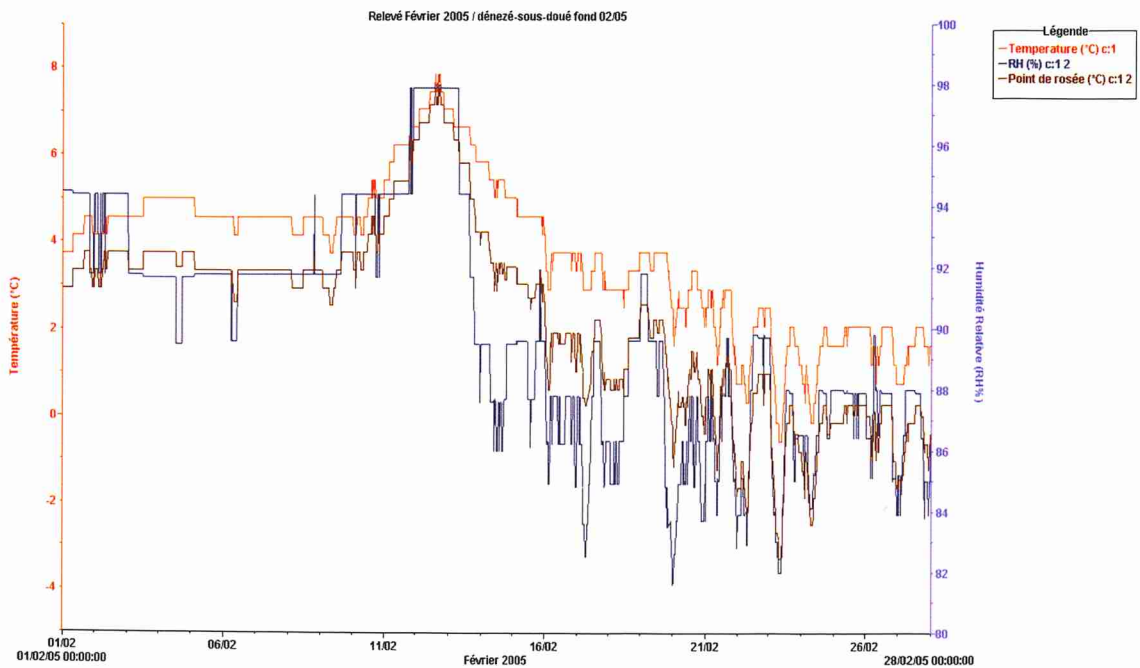
Maine et Loire
 DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
 LA CAVE SCULPTÉE
 ÉTUDE et DÉFINITION d'un
 PROTOCOLE de RESTAURATION



Courbe février 2005 côté entrée C1:



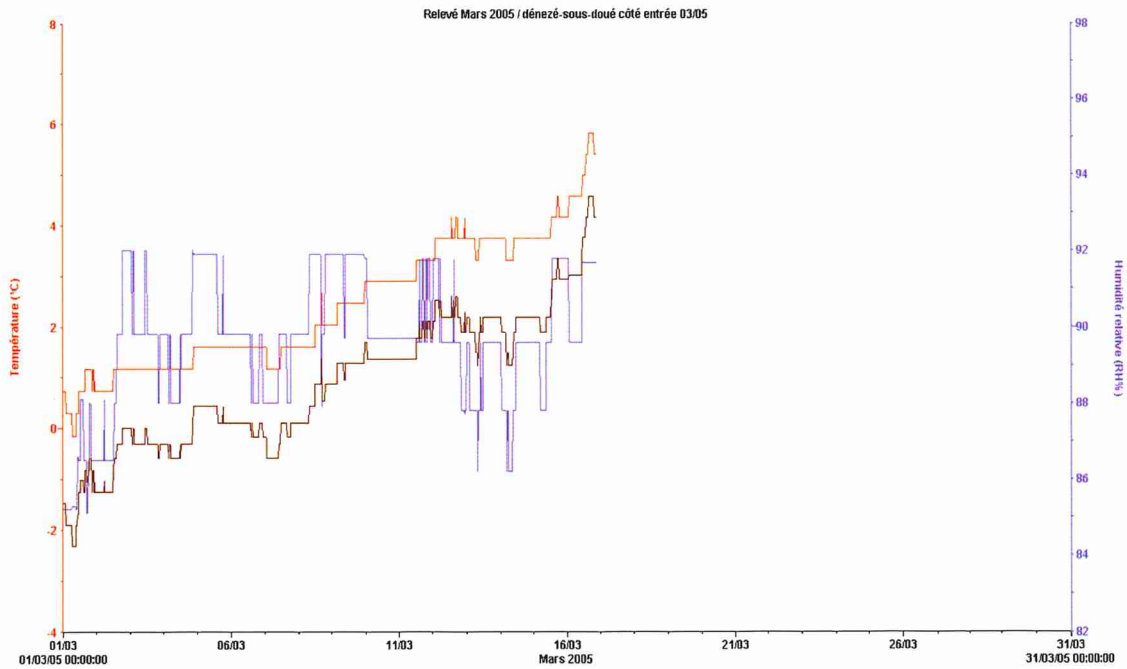
Courbe février 2005 côté fond C2:



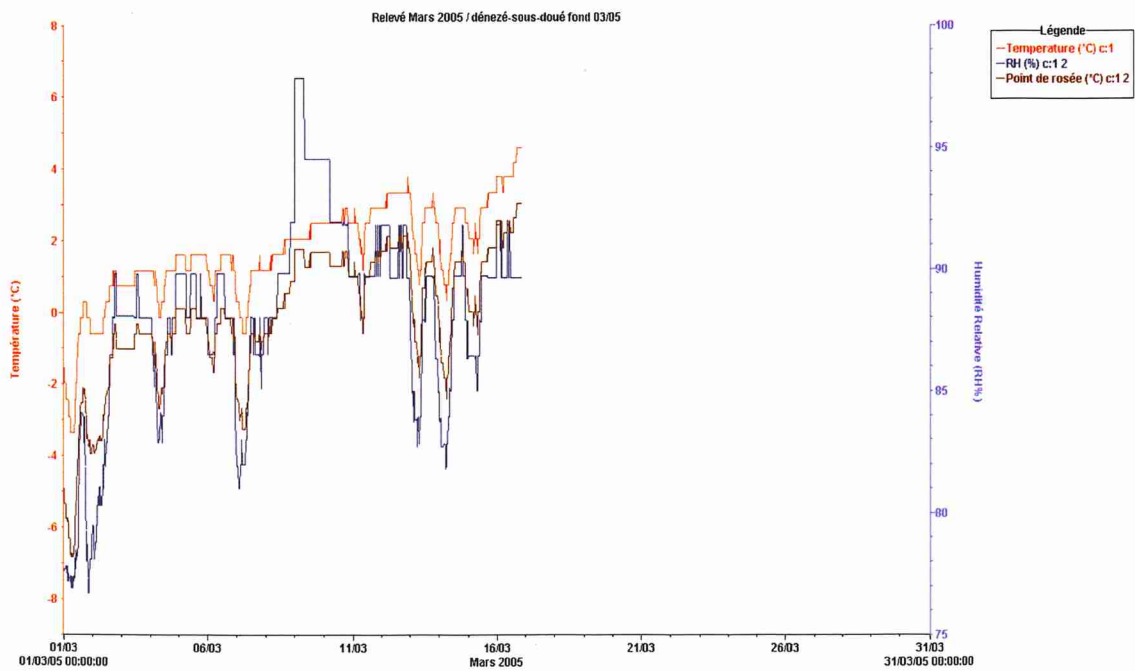
Maine et Loire
 DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
 LA CAVE SCULPTÉE
 ÉTUDE et DÉFINITION d'un
 PROTOCOLE de RESTAURATION



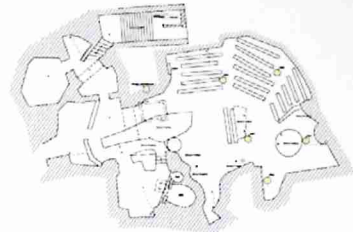
Courbe mars 2005 côté entrée C1:



Courbe mars 2005 côté fond C2:



Dans la journée du 1 au 2 mars 2005 la température chute à -3°C et l'humidité relative à 77%



III-2-2 LES FACTEURS D'ALTERATION :

Plusieurs formes d'altérations sont discernables lors des L'observations des sculptures in situ.

On remarque tout d'abord les colorations vertes et brunes qui semblent tacher la pierre.

Dans tous les cas il s'agit de matière organique.

Les algues sont présentes en surface de la pierre et seront traitées avec un algicide

Les colorations brunes migrent depuis l'intérieur de la roche et peuvent être extraites à l'aide de compresses.

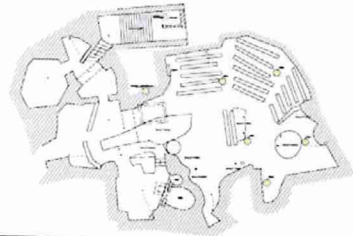
En 1981, A et P Blanc, P Gillon, A et D List et C et J Loren pensent avoir trouvé un corrélation entre ces colorations et la présence de nitrate de potassium



Panneau N' détail des algues vertes qui colonisent le rocher



Panneaux E,F détail des coloration brunes.



Toutes les formes d'altérations ont des variantes. Ici les colorations brunes ont migré dans les sels qui ont cristallisé et elles leur donnent une jolie couleur miel.



Panneau N détail, des colorations couleur miel, présentes uniquement sur les parties saillantes

Une autre forme de coloration brune beaucoup plus intense et concentrée localement sur quelques cm²



Panneau I détail, des colorations couleur brun sombre

Ces matières colorantes ont été prélevées pour analyse.

Echantillons N :

01) Matière colorante brune rougeâtre prélèvement superficiel par grattage.

Nous avons demandé de rechercher la nature de cette matière colorante.

03) pierre de tuffeau colorée en brun

Nous avons demandé : la réalisation d'une lame mince et la nature de la coloration brune.

Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



05) échantillon de pierre de tuffeau avec matière colorante brune. (Lame mince et nature de la coloration. Echantillon similaire à l'échantillon 03)

Plusieurs natures de sels ruinent la pierre. Ici, on distingue nettement les petites esquilles de pierre qui se soulèvent, poussées par des sels de gypse qui viennent cristalliser.



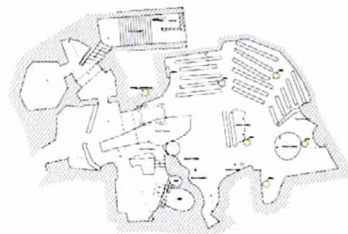
Panneau G détail, des sels de gypse qui détruisent les sculptures.

Ces sels ont été prélevés pour analyse.

Echantillon N°:

07) sels destructeurs (gypse ?) prélèvement par grattage sels et écailles de pierre
D'après l'analyse diffractométrie aux rayons X, l'échantillon d'efflorescence saline analysé s'avère constitué principalement de carbonate de calcium (calcite) et secondairement d'un peu de quartz avec des traces de sulfate hydraté de calcium (plâtre).

Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



Certains sels semblent moins agressifs puisqu'ils cristallisent à l'extérieur de la roche Ici du salpêtre (nitrate de potassium). Ce sel est fortement concentré dans les pierres



Panneau G détail, des sels de gypse qui détruisent les sculptures.

Ces sels ont été prélevés pour analyse.

Echantillons N°:

04) efflorescences superficielles (sels) nature des sels

06) efflorescences superficielles (sels) nature des sels

Certaines concrétions ont une structure amorphe.

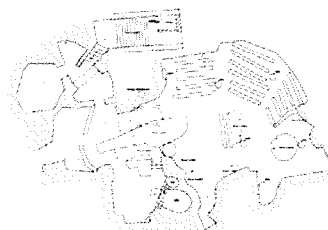


Panneau G détail, des sels de gypse qui détruisent les sculptures.

Ces sels ont été prélevés pour analyse.

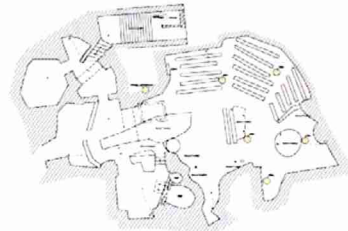
Echantillon N°:

Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



02) Matière beige texture tendre et fine (sels ?) ou matière organique (nature des sels)
D'après l'analyse en diffractométrie aux rayons X, l'échantillon de finition analysé est
constitué principalement d'un sulfate hydraté de calcium et potassium (syngenite) et
secondairement de nitrate de sodium avec traces de calcite et quartz

Les résultats détaillés des analyses se trouvent à la fin de ce document dans le
« dossier analyse ».



III-2-3 TESTS DE RESTAURATION :

La restauration de l'ensemble des sculptures ne pose pas de problème particulier mis à part le fait que les travaux doivent se dérouler dans une atmosphère très humide. Les produits mis en œuvre devront pouvoir perdurer dans cette atmosphère extrême sans évoluer de façon incontrôlée ni engendrer de nouvelles dégradations.

La Pré – consolidation :

Cette phase des travaux consiste à conforter certaines écailles de pierre grâce à de fins mortiers de chaux ou à boucher des fissures.

Le matériel utilisé est la seringue et la spatule. Le mortier de chaux est de type PLMA de chez CTS Paris

Consolidation d'écailles et de fissures à l'aide de petits mortiers de chaux :

Réf traitement Groupes EFG photo n°021

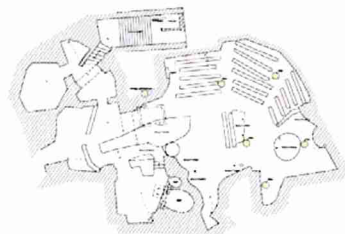


Consolidation d'écailles et de fissures à l'aide de petits mortiers de chaux :

Réf traitement Groupes EFG photo n°023



Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



Consolidation d'écaillés et de fissures à l'aide de petits mortiers de chaux : Ici la fissure est mastiquée avec le mortier avant de pratiquer un coulis.

Réf traitement Groupes EFG photo n°023



Le nettoyage / dessalement:

Un nettoyage des sculptures, grandeur nature, sur une surface conséquente a été réalisé en deux étapes. Dans un premier temps les poussières, les sels, les poudres de pierre ont été éliminées par une aspiration avec ou sans eau. Dans une seconde étape, un cataplasme à base d'argile (brevet O'tempora) a été projeté sur les sculptures pour absorber les salissures incrustées et décontaminer la roche des sels solubles.

Application de la pâte de nettoyage sur Groupe EFG : Le cataplasme est projeté sur les sculptures à l'aide d'un sablon, ou gamelle à projeter.

Réf groupes EFG traitement photo n°041



Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



Détail du cataplasme en œuvre depuis quelques jours, les matières organiques solubles migrent dedans ainsi que les sels solubles qui continuent de migrer vers la surface pour cristalliser :

Réf groupes EFG traitement
photo n°022



Elimination du cataplasme après quelques semaines, la boue initiale a séché, elle s'est durcie. On peut la retirer avec des spatules en bois ou en plastique.

Réf groupe EFG traitement
photo n°009

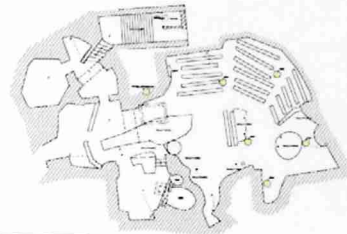


Les derniers vestiges du cataplasme sont éliminés par injection extraction:

Réf groupes EFG traitement
photo n°015



Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



Elimination du cataplasme, le moulage quasi parfait prouve que le contact avec la pierre est très intime. Les sels peuvent migrer dans la compresse.

Enlèvement de la pâte de nettoyage sur Groupe EFG :

Réf groupes EFG en cours photo n°005



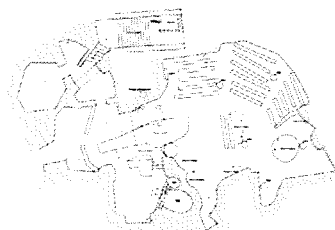
Prélèvement d'échantillons de pâte de nettoyage séchée sur Groupe EFG :

Des analyses seront effectuées pour mesurer les sels extraits.

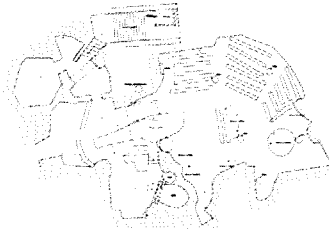
Réf groupes EFG en cours photo n°003



Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



IV. PROGRAMME DES TRAVAUX



IV-1 LE PARTI DE RESTAURATION DES SCULPTURES :

Au vu des conclusions des intervenants de ces vingt dernières années et de cette étude, il apparaît clairement que ce sont des sels qui affectent les parois sculptées par leurs cycles perpétuels de cristallisation hydratation du fait de leur extrême réactivité par rapport aux conditions climatiques. On a observé que les blocs détachés n'avaient plus à craindre ces sels et qu'ils avaient trouvés un équilibre. Par analogie, des projets de restauration ont envisagé de détacher les blocs sculptés pour les isoler de leurs sources de pollution. Ces propositions séduisantes restent fort onéreuses et détruisent une partie de l'oeuvre par la rupture qu'elles proposent en isolant l'oeuvre d'art de son milieu.

D'autres hypothèses ont été élaborées mais celle qui a retenu l'attention du maître d'ouvrage, la Commune de Denezé sous Doué et du maître d'oeuvre de cette étude, Monsieur Latron chef du service départemental de l'architecture est celle qui propose la prévention, la maîtrise des conditions de conservation. Dans le cas présent il s'agit de climatiser le lieu afin de prévenir les cycles de cristallisation des sels. L'amélioration des conditions de conservation conduira à la stabilisation des dégradations. L'espace reste modeste, les ouvertures sont facilement maîtrisables et le volume à traiter est équivalent à celui d'une salle de cinéma.

IV-2 TRAITEMENT DE L'AIR DE LA CAVE :

Un système de climatisation est souhaité, pour réguler et stabiliser l'humidité relative de la cave, pour maintenir un taux d'hygrométrie élevé et limiter les cycles de cristallisation des sels qui affectent les sculptures

Le système de climatisation sera mis en place à l'emplacement de la cheminée artificielle ménagée dans la dalle de béton située au centre de la cave.

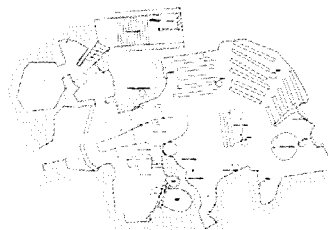
Le dimensionnement de l'appareil sera étudié par un professionnel du secteur.

Les diverses arrivées d'air seront également équipées pour réguler le renouvellement de l'air et éviter le confinement.

La température naturelle de la cave déterminera la température de l'air à injecter.

L'humidité de l'air sera toujours égale à 80% d'humidité relative

Un sas sera créé en bas des escaliers pour améliorer les performances de l'appareil et limiter les déperditions.



Parallèlement, des interventions d'assainissements sur les parois et les voûtes seront mises en œuvre. Deux phases de travaux sont prévues. La première concerne les parois et les voûtes non sculptées, la seconde les parois sculptées.

IV-3 LES INTERVENTIONS SUR LES PAROIS ET LES VOUTES :

Le traitement des parois et des voûtes doit avoir lieu avant la mise en service du système de climatisation pour ne pas le polluer par un apport brutal de spores germes

Il consiste en :

- l'élimination des vestiges de coffrage (bois pourris, plastiques...).
- l'élimination des gravats sur les surfaces horizontales non sculptées.
- le nettoyage par injection/extraction des parois verticales et horizontales non sculptées compris les voûtes en pierre et en ciment.
- Le traitement biocide et algicide de l'ensemble de la cave (voûtes, parois, sols) pour éliminer ou réduire les spores et les germes de champignons, d'algues, et autres bactéries.

Le biocide retenu est le Biotin N de chez C.T.S.

Le BIOTIN N de chez C.T.S (voir fiche technique jointe) a été mis en œuvre sur une tête de statue situé dans la zone N', avec succès.

Son application se fait par pulvérisation diluée à 5%. Le renouvellement de l'application à quelques jours d'intervalles est une garantie de résultat. (3 passes successives sont recommandées) Les résultats positifs ont été approuvés in situ par l'ensemble de la maîtrise d'ouvrage et de la maîtrise d'œuvre.

Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



**Elimination des algues
par utilisation du Biocide
Biotin N sur la tête du
groupe N'**

Réf groupe N' photo n°031



**Elimination des algues
par utilisation du Biocide
Biotin N sur la tête du
groupe N'**

Les algues ont disparu
après application du Biotin
sur la tête

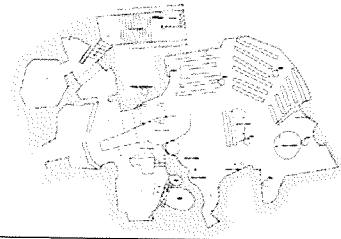
Réf groupe N' photo n°037



- Bouchage des différentes cheminées et création de portes, sas pour accéder au site.

Une fois le traitement achevé le système de climatisation sera mis marche et le seconde phase des travaux débutera.

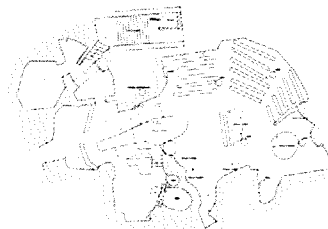
Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



IV-4 LES INTERVENTIONS SUR LES SCULPTURES :

Le traitement des parois sculptées une fois le système de climatisation mis en place consiste en :

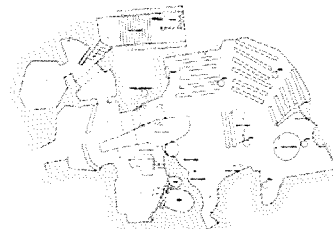
- La pré-consolidation des écailles de pierre et des fissures par la mise en place de petit solins à base de chaux (PLMA de chez CTS)
- Le nettoyage des parois sculptées par un système d'injection et d'extraction
- Le dessalement des parois par application de compresses à base d'argiles. Le séchage sera contrôlé grâce au système de climatisation mis en place.
- Des traitements secondaires de collages, ragréages...complèteront localement ces travaux d'assainissement et de mise en valeur.



Echantillon prélevé sur le panneau EFG

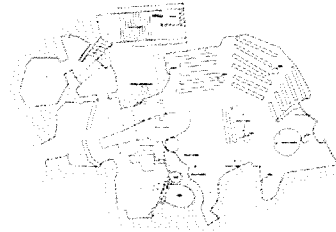
N° échantillon	localisation	poids de l'échantillon	poids de l'échantillon sec	% d'eau	quantité d'eau ajoutée ml	teneur en sel nitrate	teneur en sel Chlorure	teneur en sel sulfate	N B . dilution nitrate
		g	g	g	ml	mg/l	mg/l	mg/l	
1	en bas à droite	45	30	33%	300	250	500	<200	perte
2	au milieu à droite	66	51	23%	510	500	500 - 1000	<200	
3	en haut à droite	43			430	500	1000	<200	dilution 50ml X 2 - 50% = 500mg/l
3a	en haut à droite	30	20	33%	200x2	500	500	<200	même résultat après doublement dosage eau
4	en bas à droite	50			500	250	0 - 500	<200	
4a	en bas à droite	40	25	38%	250	100	500	<200	
5	au milieu à droite	50			500	500	500	<200	dilution 50ml X 2 50% = 250mg/l
5a	en bas à droite	40	25	38%	250	250	500	<200	
6	en haut à droite	50			500	500	500	>400	dilution 50ml X 2 50% = 500mg/l
6a	en haut à droite	40	25	38%	250	500	500	<200	
					250x2	500	500	>400	sulfate en augmentation lorsque la dose de l'eau est doublée
7	en bas à droite	50			500	500	500	<200	dilution 50ml 50% = 250mg/l
7a	en bas à droite	40	24	40%	240	250	500	<200	

Maine et Loire
 DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
 LA CAVE SCULPTÉE
 ÉTUDE et DÉFINITION d'un
 PROTOCOLE de RESTAURATION



N° échantillon	localisation	poids de l'échantillon	poids de l'échantillon sec	% d'eau	quantité d'eau ajoutée ml	teneur en sel nitrate	teneur en sel Chlorure	teneur en sel sulfate	NB. dilution nitrate
		g	g	g	ml	mg/l	mg/l	mg/l	
8	au milieu à droite	11			110	500	500	<200	dilution 50ml X 2 50% = 100mg/l
8a	en bas à droite	40	30	25%	300	500	500	<200	
					300x2	500	500	>400	sulfate en augmentation lorsque la dose de l'eau est doublée
9	en haut à droite	50			500	500	500	>800	dilution 50ml X 2 50% = 500mg/l
9a	en haut à droite	40	28	30%	280	500	500	<200	
					280x2	500	500	>800	sulfate en augmentation lorsque la dose de l'eau est doublée
10	4ème niveau	100	100		1000	500	500	<200	
11	3ème niveau	47			470	500	500	<200	dilution 50ml 50% = 250mg/l
11b	3ème niveau	168			1680	500	500	>400	
11a	3ème niveau	33	21	36%	210	500	500	<200	
					210x2	500	500	<200	résultats identiques
12	2ème niveau	163			1630	500	500	>400	dilution 50ml 50% = 250mg/l

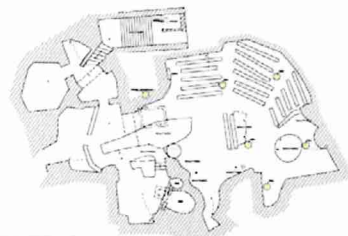
Maine et Loire
 DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
 LA CAVE SCULPTÉE
 ÉTUDE et DÉFINITION d'un
 PROTOCOLE de RESTAURATION



N° échantillon	localisation	poids de l'échantillon	poids de l'échantillon sec	% d'eau	quantité d'eau ajoutée ml	teneur en sel nitrate	teneur en sel Chlorure	teneur en sel sulfate	NB. dilution nitrate
		g	g	g	ml	mg/l	mg/l	mg/l	
12a	2ème niveau	53	33	38%	330	500	500	<200	
					330x2	500	500	>400	sulfate en augmentation lorsque la dose de l'eau est doublée
13a	1er niveau	55	36	35%	360	500	500	<200	
					360x2	500	500	>400	sulfate en augmentation lorsque la dose de l'eau est doublée
20	tête de femme	50			500	500	1000	>400	dilution 50ml X 2 50% = 250mg/l

Toutes les mesures quantitatives ont été réalisées avec des bandelettes « Quantofix »

Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



V DOCUMENTATION PHOTOGRAPHIQUES

Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



V-1a - Groupe N :

Groupe N vue générale :

Réf groupe N photo n°004



Groupe N détail

Réf groupe N photo n°006



Groupe N détail menton
d'une tête :

Réf groupe N photo n°009



Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



Groupe N détail

Réf groupe N photo n°010



Groupe N détail nez d'une tête :

Réf groupe N photo n°011



Groupe N détail paroi :

Réf groupe N photo n°012



Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



V-1b Groupe N' :

Groupe N' vue générale

Réf groupe N' photo n°004



Groupe N' détail :

Réf groupe N' photo n°009

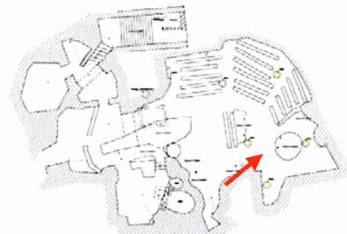


Groupe N' détail :

Réf groupe N' photo n°012



Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



Groupe N° détail :

Réf groupe N° photo n°013



Groupe N° détail :

Réf groupe N° photo n°026



Groupe N° détail :

Réf groupe N° photo n°035



Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



V-1c Groupe L :

Groupe L

Réf groupe L photo n°002



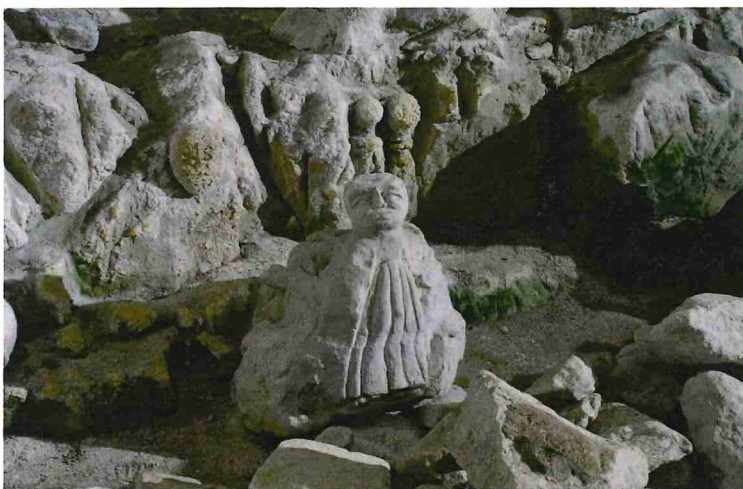
Groupe L :

Réf groupe L photo n°030



Groupe L :

Réf groupe L photo n°035

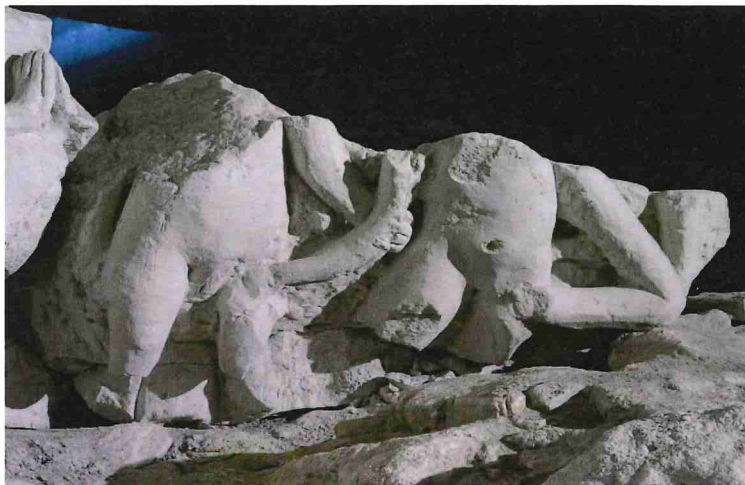


Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



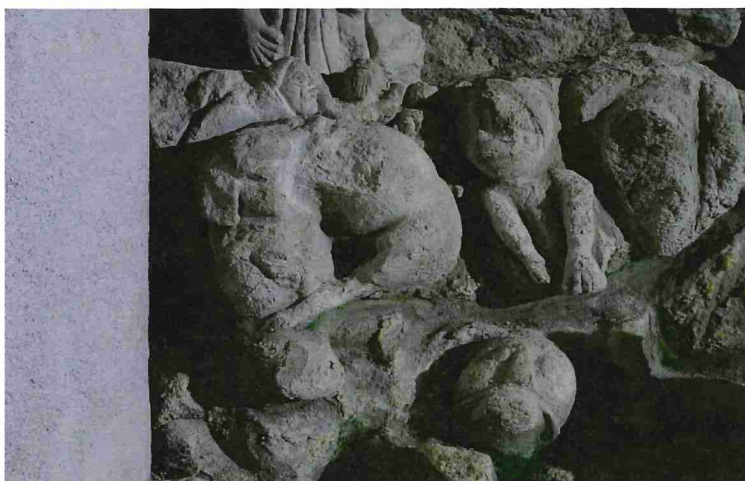
Groupe L

Réf groupe L photo n°016



Groupe L :

Réf groupe L photo n°018



Groupe L:

Réf groupe L photo n°026



Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



V-1d Groupe I-J :

Groupe I-J

Réf groupe I-J photo n°002



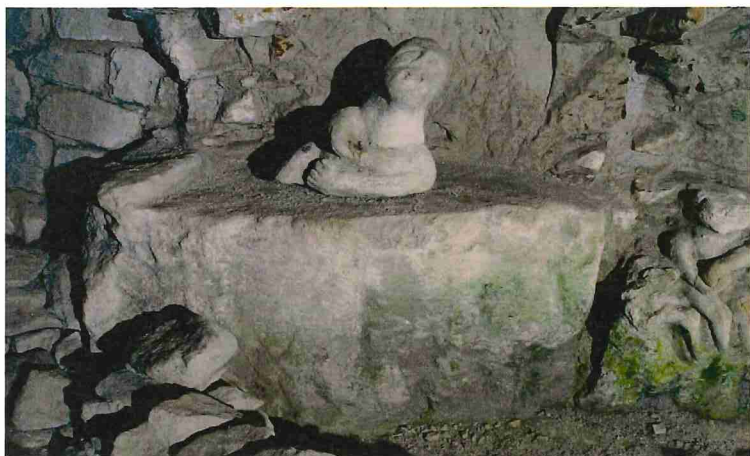
Groupe I-J

Réf groupe I-J photo n°006



Groupe I-J:

Réf groupe I-J photo n°007

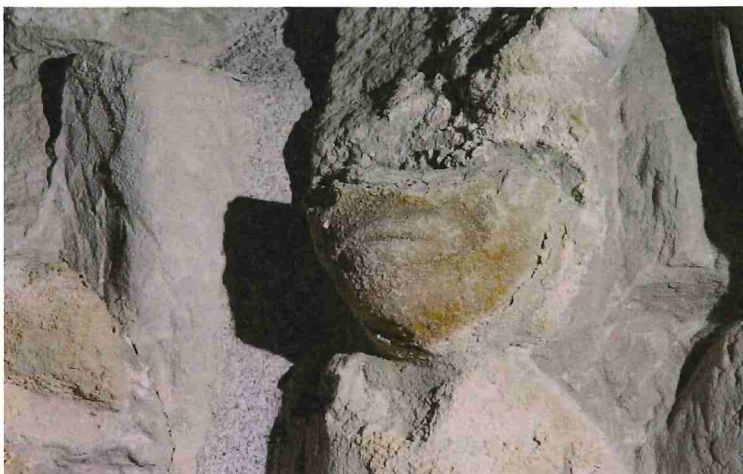


Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



Groupe I-J

Réf groupe I-J photo n°023



Groupe I-J

Réf groupe I-J photo n°032



Groupe I-J:

Réf groupe I-J photo n°028



Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



V-1e Groupe H :

Groupe H

Réf groupe H photo n°002



Groupe H

Réf groupe H photo n°003

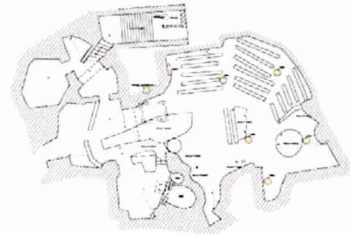


Groupe H:

Réf groupe H photo n°005

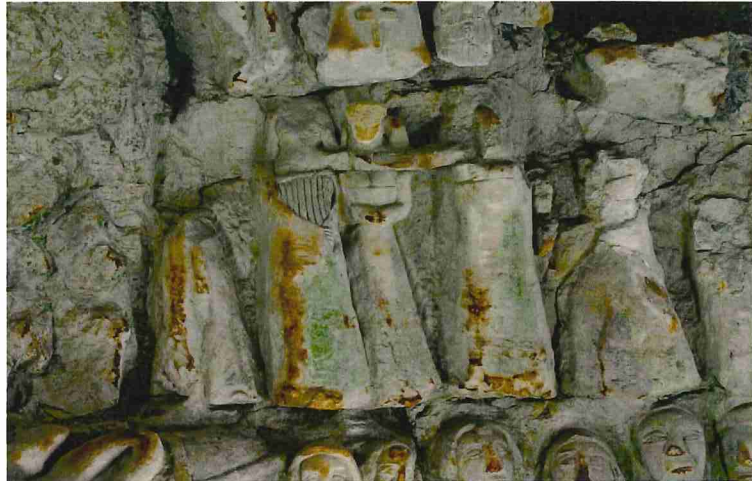


Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



Groupe H

Réf groupe H photo n°011



Groupe H

Réf groupe H photo n°015



Groupe H:

Réf groupe H photo n°017



Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



Groupe H

Réf groupe H photo n°019



Groupe H

Réf groupe H photo n°022

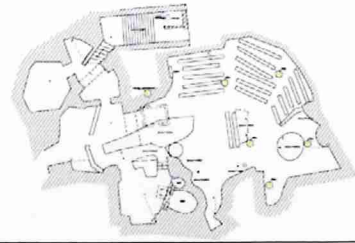


Groupe H:

Réf groupe H photo n°024



Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



V-1f Groupe EFG :

Groupe E:

Réf groupe EFG photo n°009



Groupe E

Réf groupe EFG photo n°010

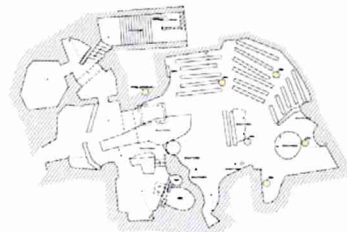


Groupe E

Réf groupe EFG photo n°011



Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



Groupe F:

Réf groupe EFG photo n°001



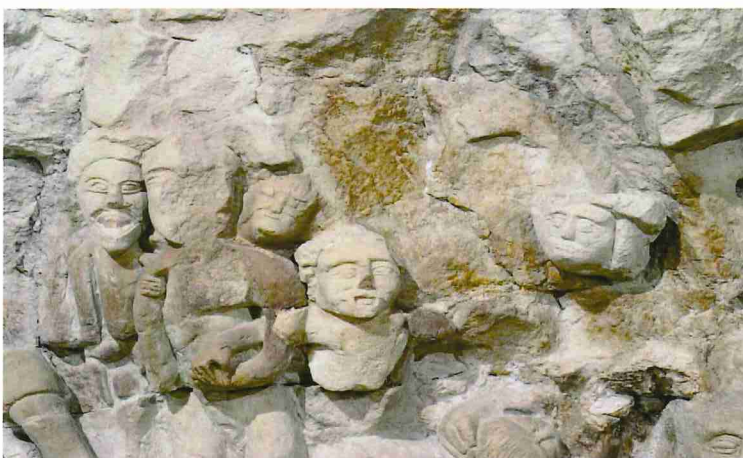
Groupe F

Réf groupe EFG photo n°007

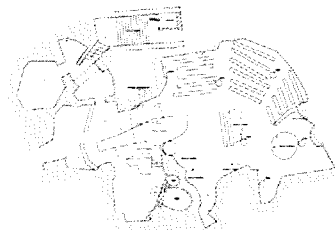


Groupe F

Réf groupe EFG photo n°008



Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



Groupe G

Réf groupe EFG photo n°002

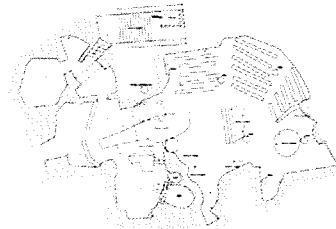


Groupe G

Réf groupe EFG photo n°005

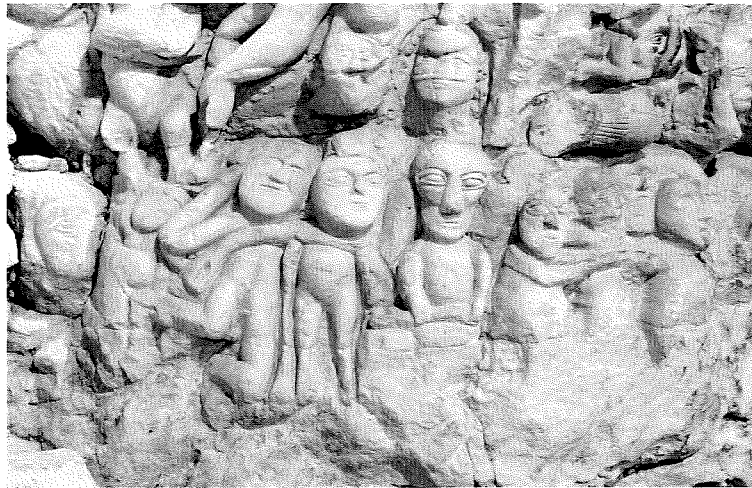


Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



Groupe G:

Réf groupe EFG photo n°003



Groupe G

Réf groupe EFG photo n°006

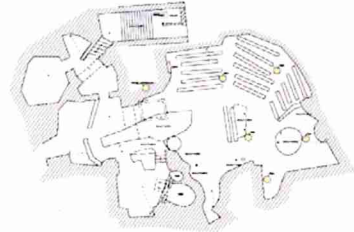


Groupe G

Réf groupe EFG photo n°005



Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



V-1g Groupe D :

Groupe D:

Réf groupe D photo n°001



Groupe D

Réf groupe D photo n°004

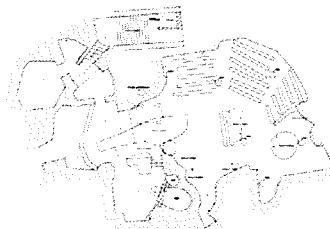


Groupe D

Réf groupe D photo n°007



Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



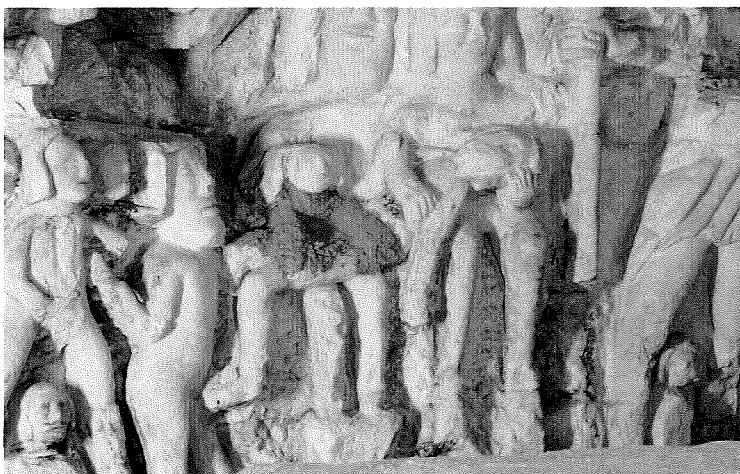
Groupe D:

Réf groupe D photo n°010



Groupe D

Réf groupe D photo n°012

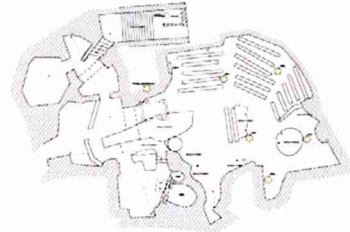


Groupe D

Réf groupe D photo n°017



Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



V-1h Groupe B :

Groupe B:

Réf groupe B photo n°001



Groupe B

Réf groupe B photo n°002

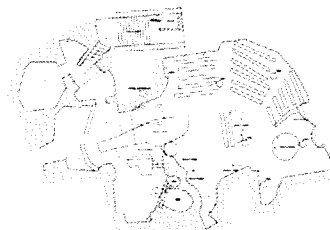


Groupe B

Réf groupe B photo n°010



Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



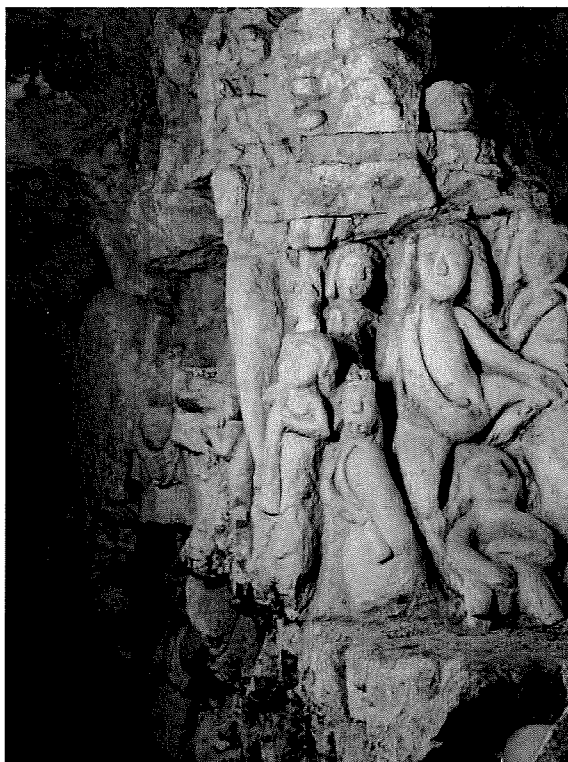
Groupe B:

Réf groupe B photo n°013

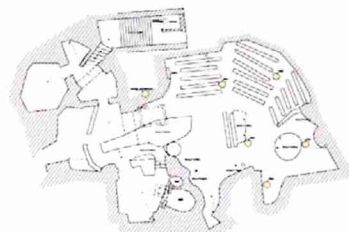


Groupe B

Réf groupe B photo n°014



Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



V-1i Groupe AA' :

Groupe A-A'

Réf groupe A-A' photo n°002



Groupe A-A'

Réf groupe A-A' photo n°010



Groupe A-A'

Réf groupe A-A' photo n°011

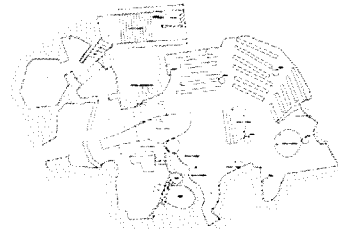


Maine et Loire

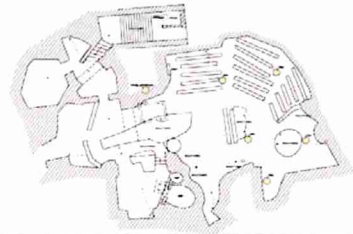
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ

LA CAVE SCULPTÉE

ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



Groupe A-A'

Réf groupe A-A' photo n°013



Groupe A-A'

Réf groupe A-A' photo n°027

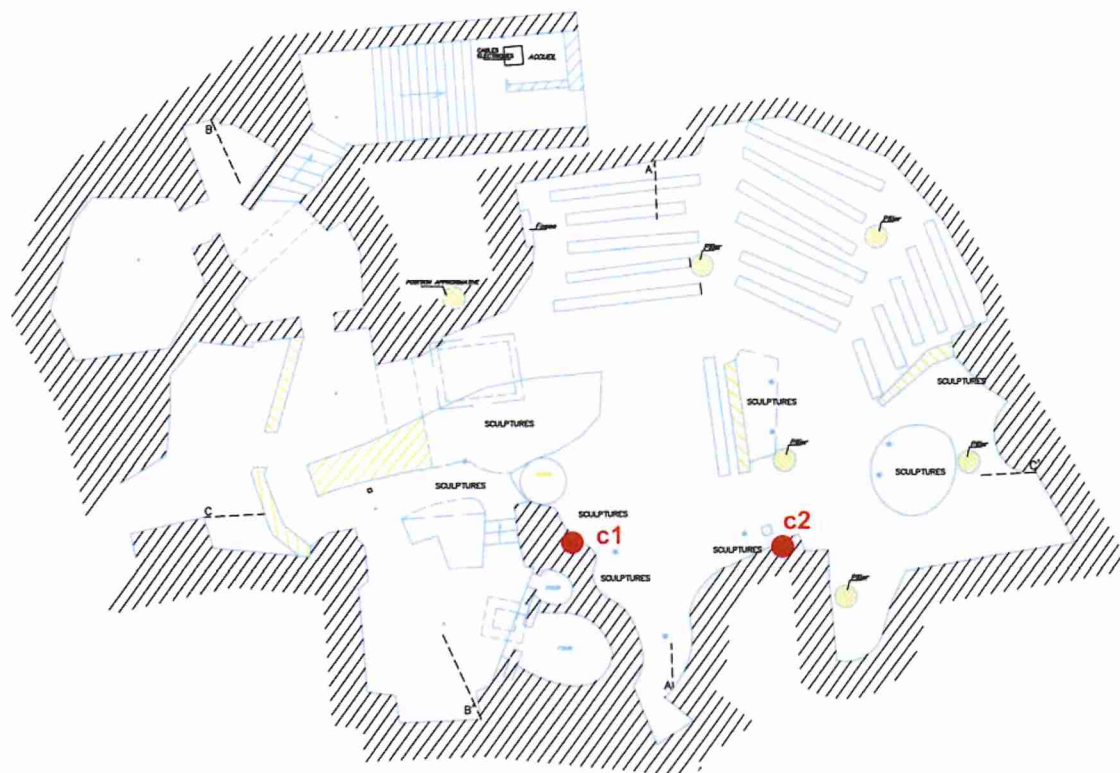
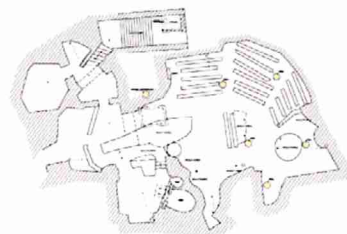


Groupe A-A'

Réf groupe A-A' photo n°032

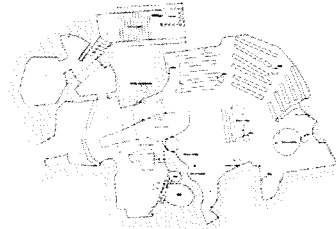


Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



VI DOCUMENTATION GRAPHIQUES

Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION

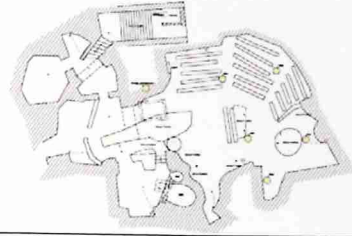


Liste des documents graphiques :

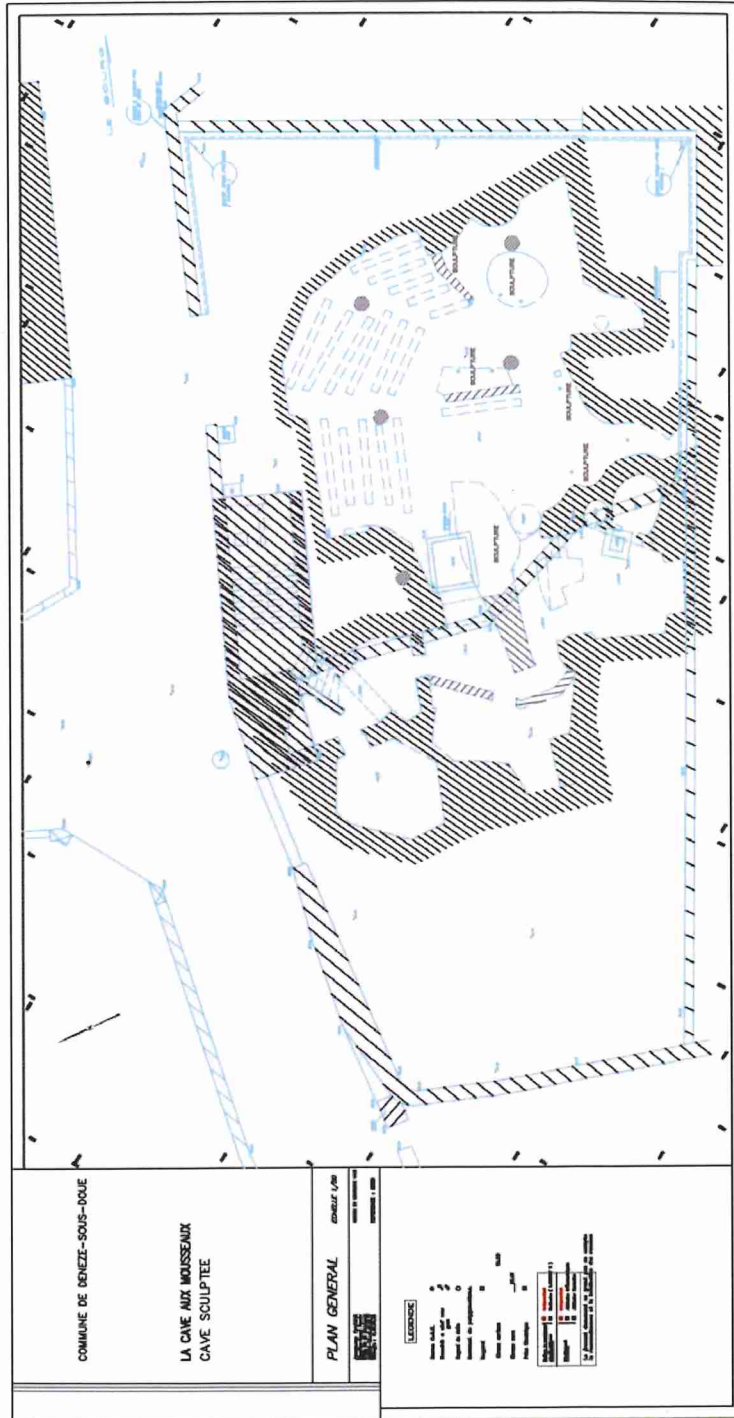
Documents Jacques Carré, géomètre 1995 :

- 01 Plan Général cave et parking
- 02 Plan cave seule
- 03 Coupe longitudinale
- 04 Coupes transversales
- 05 Plan Parking

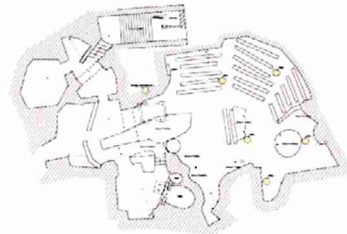
Maine et Loire
 DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
 LA CAVE SCULPTÉE
 ÉTUDE et DÉFINITION d'un
 PROTOCOLE de RESTAURATION



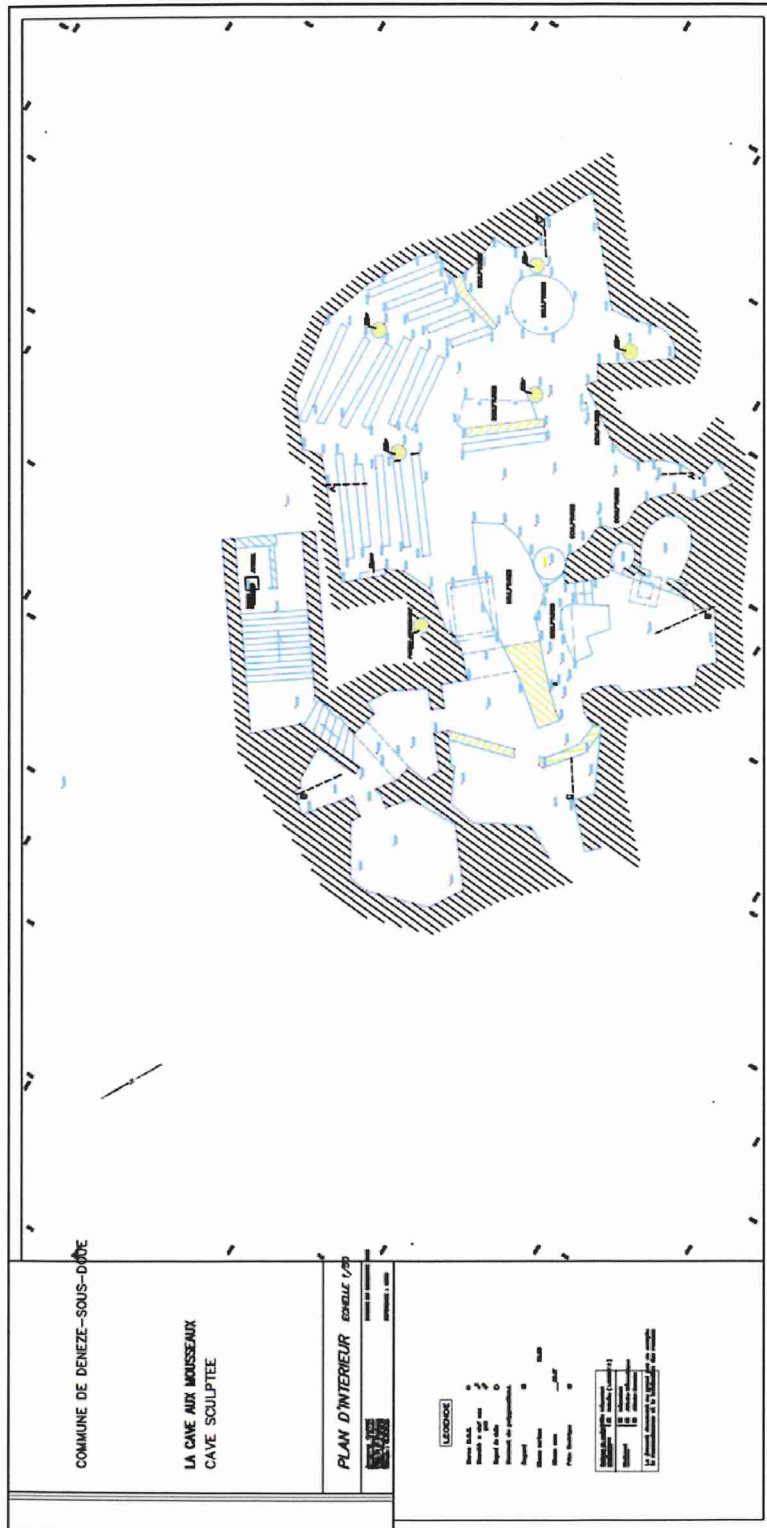
01- Plan général cave et parking Jacques Carré 1995:



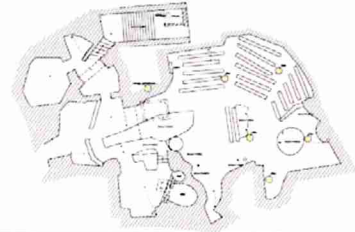
Maine et Loire
 DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
 LA CAVE SCULPTÉE
 ÉTUDE et DÉFINITION d'un
 PROTOCOLE de RESTAURATION



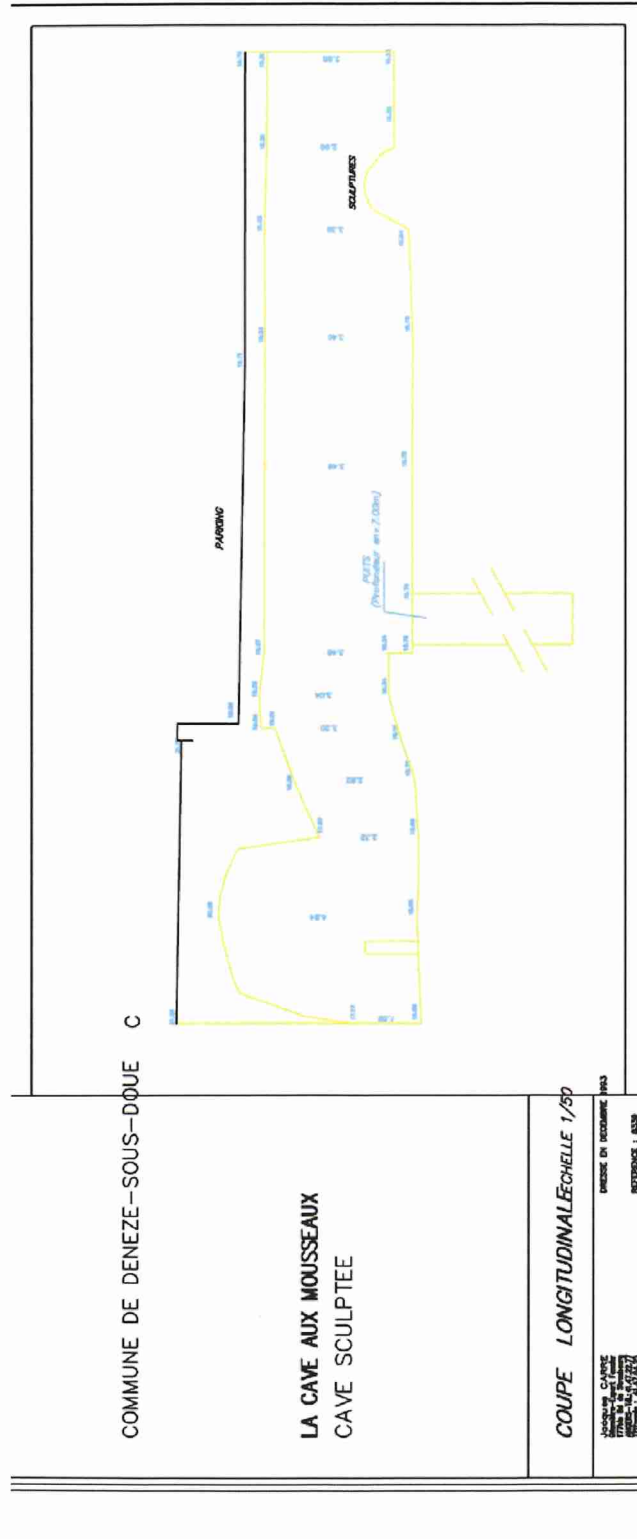
02- Plan de la cave Jacques Carré 1995:



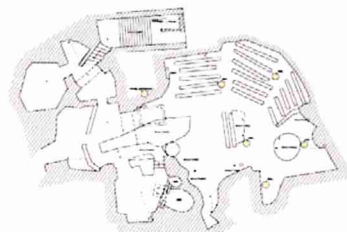
Maine et Loire
 DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
 LA CAVE SCULPTÉE
 ÉTUDE et DÉFINITION d'un
 PROTOCOLE de RESTAURATION



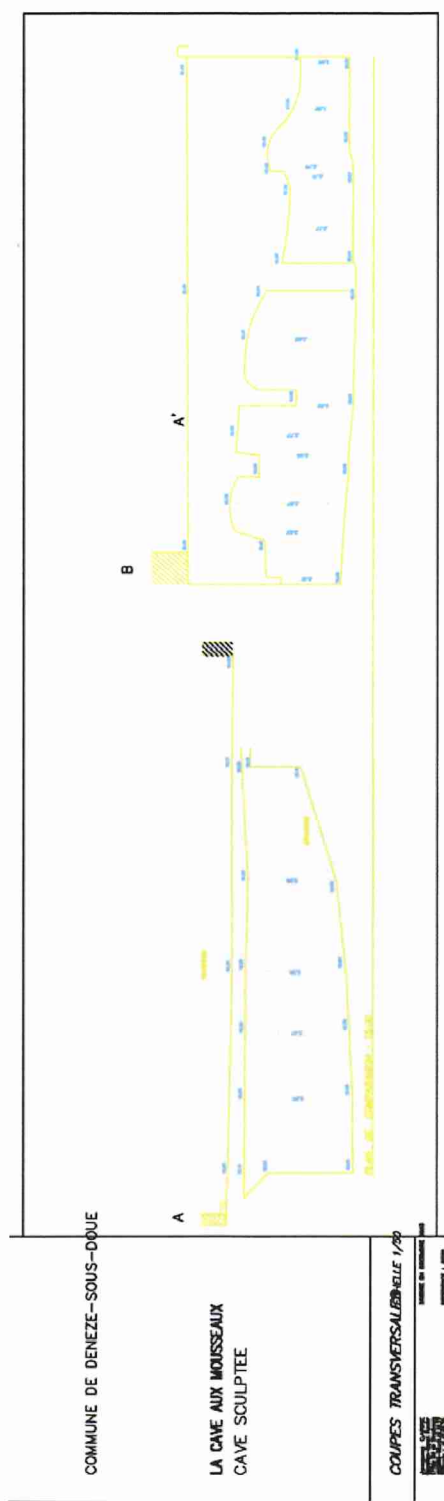
03- Coupe longitudinale Jacques Carré 1995:



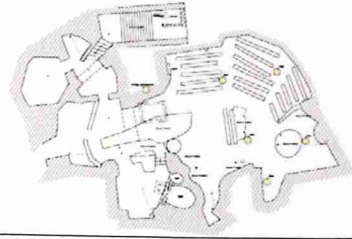
Maine et Loire
 DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
 LA CAVE SCULPTÉE
 ÉTUDE et DÉFINITION d'un
 PROTOCOLE de RESTAURATION



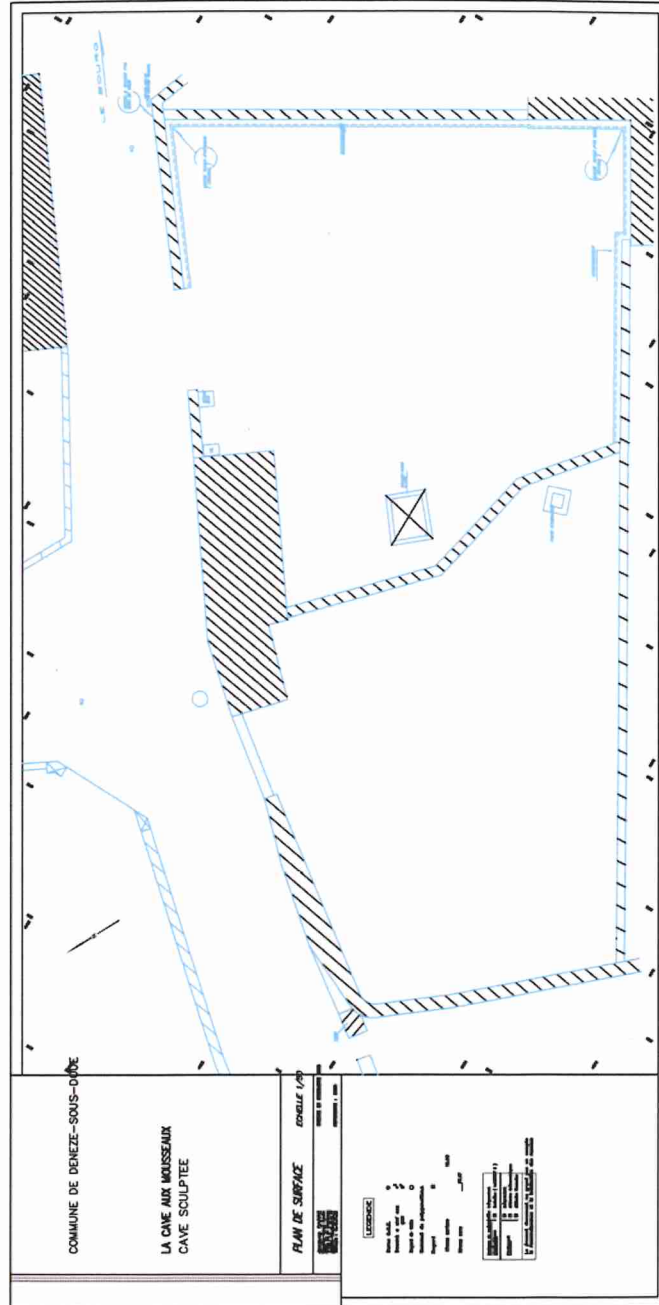
04- Coupes transversales Jacques Carré 1995:



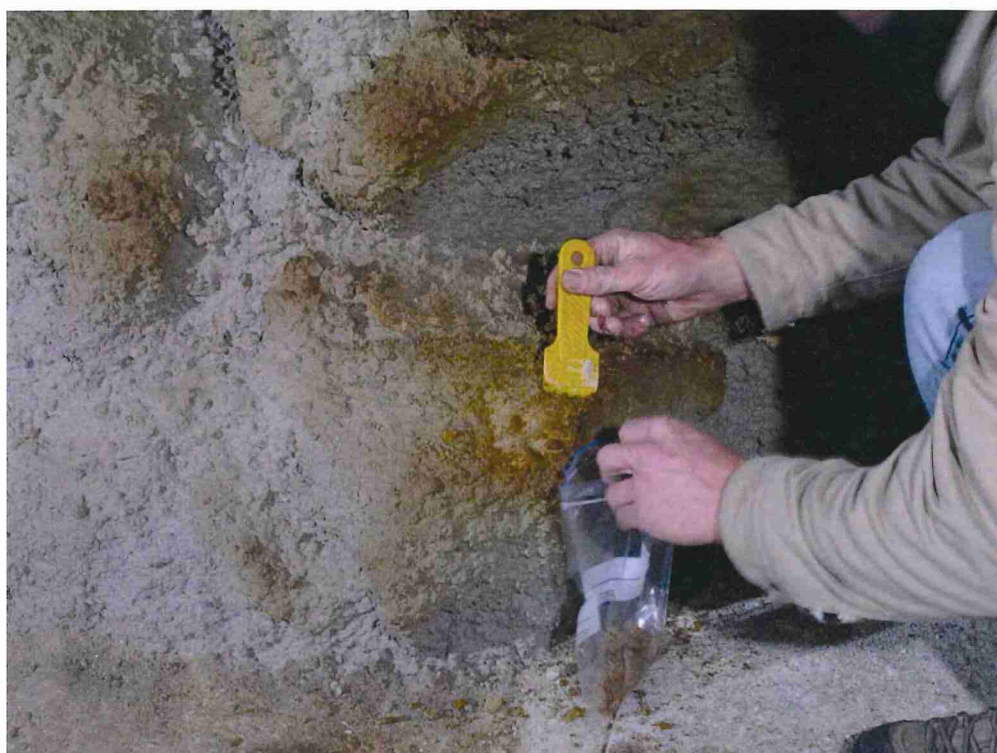
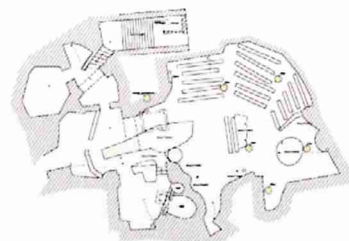
Maine et Loire
 DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
 LA CAVE SCULPTÉE
 ÉTUDE et DÉFINITION d'un
 PROTOCOLE de RESTAURATION



05- Plan Parking :



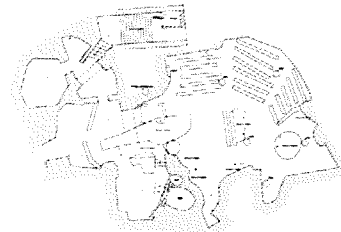
Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



VII DOSSIER des ANALYSES

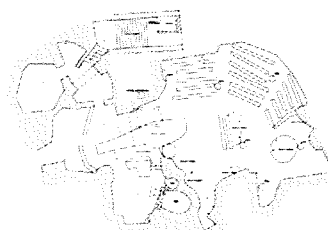
Etudes de laboratoire sur 6 échantillons
Prélevés sur les statues de la Cave Sculptée de
Dénezé-sous-Doué

Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



INDEX

Avant-propos	pag.	3
Tableau des analyses effectuées	pag.	3
Méthodes d'examen	pag.	3
Localisation des prélèvements	pag.	4
Résultats d'analyses	pag.	4
ECHAN TILLON 773/1 (V/REF. 01)	pag.	5
ECHAN TILLON 773/2 (V/REF. 02)	pag.	6
ECHAN TILLON 773/3 (V/REF. 03 E 05)	pag.	7
ECHAN TILLON 773/4 (V/REF. 04)	pag.	10
ECHAN TILLON 773/5 (V/REF. 06)	pag.	11
ECHAN TILLON 773/6 (V/REF. 07)	pag.	12
Conclusions	pag.	13
Rapports d'examens	pag.	14



AVANT-PROPOS

A la demande de la société O'Tempora, il a été effectué une étude polyméthodologique sur 6 échantillons, prélevés sur des bas-reliefs d'une Cave sculptée à DENEZE-SOUS-DOUE (Maine et Loire).

L'étude a été réalisée afin de caractériser le matériau, de vérifier la présence d'éventuels pigments et liants pouvant se référer à des décorations picturales et de reconnaître la nature des sels constituant les efflorescences en surface.

TABLEAU DES ANALYSES EFFECTUEES

Réf. Echantillon	ANALYSES										
	Péetrografiques et Minéralogiques					Chimiques et Physiques				Biologiques	
	S S	SL	SEM	XRD	TGA	EDS	FTIR	GCM S	HPL C	OM	CMB
773/1						x	x				
773/2				x							
773/3	x	x				x	x				
773/4				x							
773/5				x							
773/6				x							

LEGENDE:

SS: étude au microscope polarisant en lumière transmise de coupe polie transversale;
SL: étude au microscope polarisant en lumière réfléchie de la coupe polie transversale;

SEM: étude au microscope électronique à balayage ;

XRD: analyse diffractométrique aux rayons x;

TGA: analyse thermogravimétrique ;

EDS: microanalyse chimique élémentaire à la microsonde électronique en dispersion d'énergie ;

FTIR: microanalyse spectrophotométrique à l'infrarouge (transformée de Fourier);

GCMS: analyse chromatographique en phase gazeuse avec révélateur de masse ;

HPLC: dosage des sels solubles au moyen de mesures conductimétriques et analyse chromatographique en phase liquide ;

OM: étude au microscope optique de biologie ;

CMB: cultures microbiologiques.

METHODES D'EXAMEN

Chaque examen a été effectué selon les méthodes indiquées ci-après

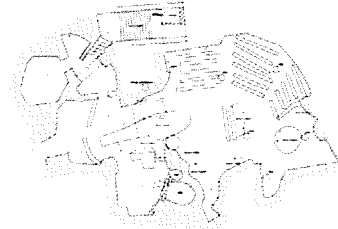
Le lexique utilisé dans la description de la dégradation des échantillons est conforme à la norme NORMAL 1/88.

Maine et Loire

DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ

LA CAVE SCULPTÉE

ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION

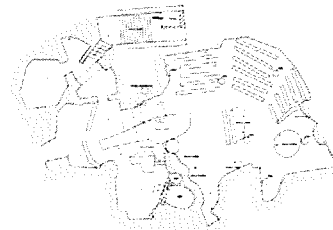


La lame mince et la coupe polie sont préparées selon les techniques indiquées dans la norme NORMAL 14/83.

La description pétrographique des matériaux pierreux est effectuée conformément aux indications de la norme NORMAL 10/82.

Les déterminations analytiques qui ne sont pas normalisées par des méthodes officielles sont effectuées dans le respect des méthodes internes d'examen.

Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



EMPLACEMENT DES PRELEVEMENTS

L'emplacement du point de prélèvement des échantillons examinés n'a pas été communiqué.

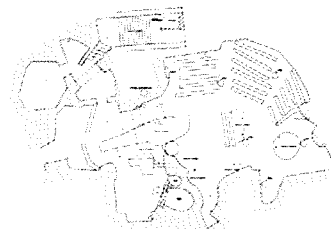
RESULTATS ANALYTIQUES

Les résultats des examens effectués sont reportés, commentés et accompagnés de la documentation photographique qui s'y rapporte, dans les pages suivantes.

Les rapports d'examens, conformes aux prescriptions du Système National pour l'Agrément des Laboratoires (SINAL), relatifs aux analyses effectuées et les détails des résultats expérimentaux obtenus sont reportés en annexe.

Un résumé des résultats des examens effectués est reporté ci-dessous:

Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



ECHANTILLON 773/1 (V/réf. 01)

Rapport d'examen n°: 9309 - 04

Lieu de prélèvement de l'échantillon: Cave sculptée – Dénezé–sous-Doué (Loire-Atlantique)

Description de l'échantillon: Couche picturale

Objet de l'étude: détermination de la nature des pigments et liants

Examens effectués: analyse à la microsonde électronique EDS et analyse spectrophotométrique à l'infrarouge FTIR.

Résultats : l'échantillon analysé est constitué d'une couche picturale de couleur marron rougeâtre à base d'ocres et/ou de terres brunes, plâtre et chaux. L'analyse à l'infrarouge FTIR révèle la présence de traces d'oxalates qui constituent le produit de dégradation de la matière organique utilisée comme liant du pigment.

ECHANTILLON 773/2 (V/réf. 02)

Rapport d'examen n°: 9310 - 04

Lieu de prélèvement de l'échantillon : Cave sculptée – Dénezé–sous-Doué (Loire-Atlantique)

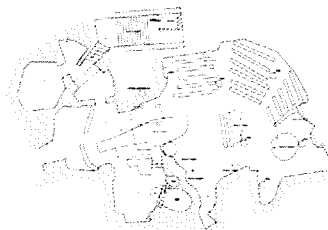
Description de l'échantillon : Finition

Objet de l'étude : Caractérisation minéralogique

Examens effectués : Analyse au diffractomètre aux rayons X pour les poudres

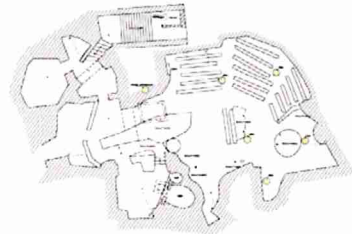
Résultats : D'après l'analyse diffractométrique aux rayons X, l'échantillon de finition analysé est constitué principalement d'un sulfate hydraté de calcium et potassium (syngenite) et secondairement de nitrate de sodium avec traces de calcite et quartz.

Maine et Loire
 DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
 LA CAVE SCULPTÉE
 ÉTUDE et DÉFINITION d'un
 PROTOCOLE de RESTAURATION



ECHANTILLON 773/3 (V/réf. 03 e 05)

Rapport d'examen n°:	9311 - 04
Lieu de prélèvement de l'échantillon:	Cave sculptée – DENEZE–SOUS-DOUE (Loire-Atlantique)
Description de l'échantillon :	Pierre de Tuffeau colorée
Objet de l'étude :	Mise en évidence de la stratigraphie, détermination de la nature des pigments et liants, caractérisation minéralogique et pétrographique.
Examens effectués :	Préparation et étude de la coupe polie, préparation et étude de la lame mince, analyse à la microsonde électronique EDS et analyse spectrophotométrie à l'infrarouge FTIR
Documentation jointe :	Photo 1 - Succession stratigraphique de l'échantillon. Photo 2 - Succession stratigraphique de l'échantillon, détail. Photo 3 – Lame mince de l'échantillon. Photo 4 – Lame mince de l'échantillon, détail.
Résultats :	<p>Le fragment de pierre analysé est constitué d'un calcaire micritique avec présence d'une modeste quantité de grains carbonatés, bioclastes et grains de glauconite, de coloration d'ensemble jaunâtre, attribuable aux formations du Turonien de la France nord-occidentale ; plus spécifiquement, il peut être défini comme du Tuffeau jaune de Touraine, une variété de tuffeau calcaire largement employé le long de la vallée de la Loire, d'Orléans à Nantes. A proximité de la surface, la coloration du matériau revet une tonalité graduellement plus sombre.</p> <p>D'après l'analyse EDS sur la couche picturale superficielle brun rougeâtre (b) on a relevé la présence de pigments tels que ocres et terres brunes. L'analyse FTIR sur la même couche n'a pas décelé la présence de substance organique, mais a révélé la présence, en traces minimes, d'oxalates qui constituent le produit de dégradation de la matière organique utilisée comme liant du pigment.</p> <p>La couche (c), selon les analyses EDS et FTIR, s'avère être constituée de plâtre et peut être imputée à une opération de masticage ultérieure.</p>



DOCUMENTATION PHOTO

Dans la coupe polie de l'échantillon en examen, on remarque la présence d'une très fine couche discontinue de pigment brun sur la surface du fragment de tuffeau calcaire ; de plus, le pigment a pénétré dans la pierre sur quelques dixièmes de millimètre provoquant une coloration marron allant en dégradé vers la couleur noisette.

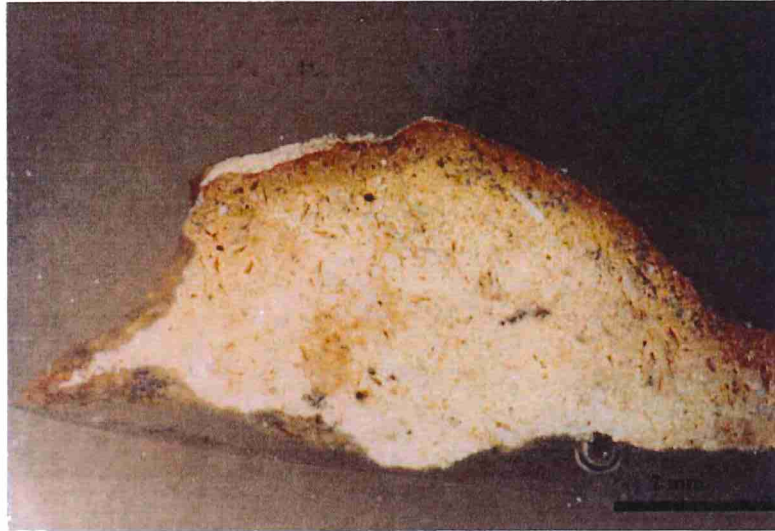


Photo 1: Echantillon 773/3, coupe polie, Nicols croisés.

Détail où l'on remarque la mince couche de pigment brun (b) et la patine sous-jacente d'enduit blanc (c).

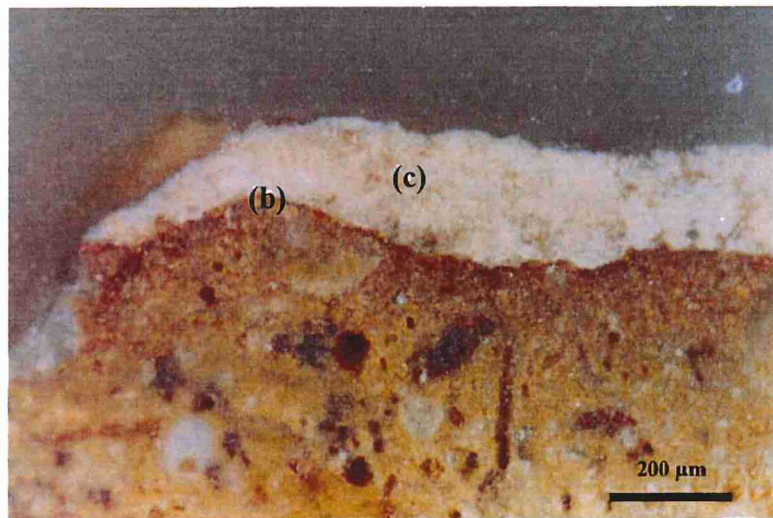
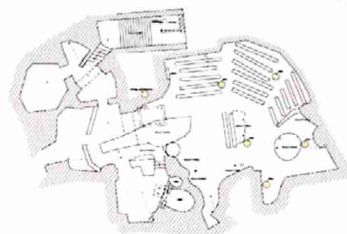


Photo 2: Echantillon 773/3, coupe polie, Nicols croisés, détail.



Sur la photo, en lame mince, on remarque la présence de bioclastes (fragments de coques de bivalves) de dimensions millimétriques.

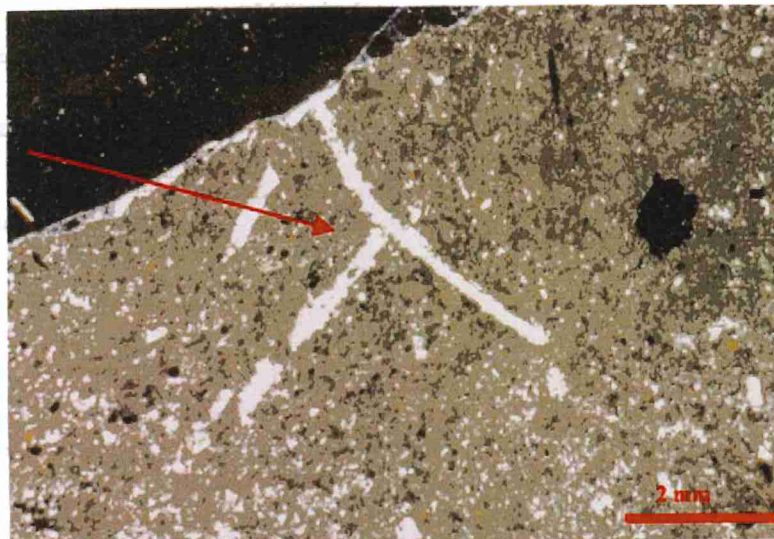


Photo 3: Echantillon 773/3, lame mince, Nicols croisés

Détail de la pâte de fond micritique.

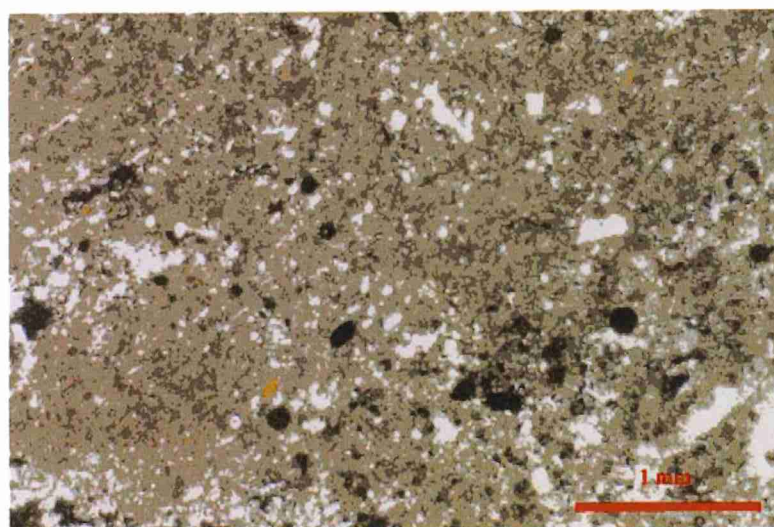
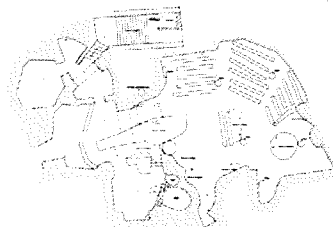


Photo 4: Echantillon 773/3, lame mince, Nicols croisés, détail.



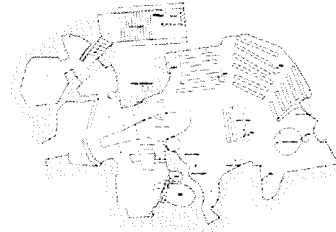
ECHANTILLON 773/4 (V/réf. 04)

Rapport d'examen n°:	9312 - 04
Lieu de prélèvement de l'échantillon :	Cave sculptée – Dénezé–sous-Doué (Loire-Atlantique)
Description de l'échantillon :	Efflorescences
Objet de l'étude :	Caractérisation minéralogique
Examens effectués :	Analyse au diffractomètre aux rayons X pour les poudres
Résultats :	D'après l'analyse en diffractométrie aux rayons X, l'échantillon d'efflorescence saline analysé est constitué principalement de sulfate hydraté de calcium (plâtre) et secondairement de carbonate de calcium (calcite) avec traces de quartz.

ECHANTILLON 773/5 (V/réf. 06)

Rapport d'examen n°:	9313 - 04
Lieu de prélèvement de l'échantillon:	Cave sculptée – Dénezé–sous-Doué (Loire-Atlantique)
Description de l'échantillon:	Efflorescences
Objet de l'étude:	Caractérisation minéralogique
Examens effectués:	Analyse au diffractomètre aux rayons X pour les poudres
Résultats :	D'après l'analyse diffractométrique aux rayons X, l'échantillon d'efflorescence saline analysé est constitué principalement de sulfate hydraté de calcium (plâtre) et secondairement de carbonate de calcium (calcite).

Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



ECHANTILLON 773/6 (V/réf. 07)

Rapport d'examen n°: 9314 - 04

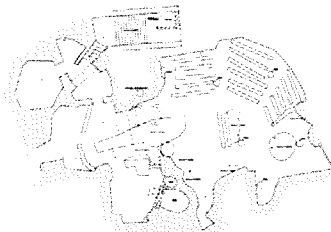
Point de prélèvement de l'échantillon: Cave sculptée – Dénezé-sous-Doué (Loire-Atlantique)

Description de l'échantillon : Efflorescences

Objet de l'étude : Caractérisation minéralogique

Examens effectués : Analyse au diffractomètre aux rayons X pour les poudres

Résultats : D'après l'analyse diffractométrie aux rayons X, l'échantillon d'efflorescence saline analysé s'avère constitué principalement de carbonate de calcium (calcite) et secondairement d'un peu de quartz avec des traces de sulfate hydraté de calcium (plâtre).



CONCLUSIONS

L'oeuvre sculptée analysée est constituée de Tuffeau jaune de Touraine, une roche calcaire de coloration d'ensemble jaunâtre largement utilisée le long de la vallée de la Loire, d'Orléans à Nantes. A cause de la pénétration du pigment à base d'ocres et de liant organique, la coloration du matériau assume une tonalité graduellement plus sombre à proximité de la surface. Au-dessus de la couche picturale brune, se trouve une autre couche discontinue constituée de plâtre, que l'on peut attribuer à une finition ultérieure de l'oeuvre (V/réf. 03 et 05).

La composition de la couche picturale est vérifiée par l'analyse EDS sur le matériau brun rougeâtre, prélevé sur la surface (V/réf. 01), qui a confirmé la présence de pigments tels que ocres et terres brunes. L'analyse FTIR sur la même couche n'a pas décelé la présence de substance organique, mais a révélé la présence d'oxalates qui sont le produit de dégradation de la matière organique utilisée comme liant du pigment.

En particulier, dans l'échantillon 01, le pigment est constitué d'ocres et/ou de terres brunes formées principalement d'oxydes de manganèse et d'oxydes de fer et chrome. L'abondance de ce dernier élément peut s'expliquer par la présence, dans la région de provenance, de terres brunes particulières dérivant de l'altération de minéraux comme les chromites, constituées d'un oxyde mixte de fer et chrome.

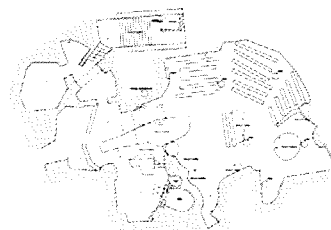
Les observations effectuées sur le matériau que vous avez identifié comme finition (V/Réf. 02) ont fait ressortir qu'il s'agit en réalité d'une efflorescence saline constituée d'un sulfate hydraté de calcium et potassium (syngénite), tandis que les sels prélevés sont constitués d'une efflorescence saline de plâtre (V/Réf. 05 et 06) et d'une incrustation de calcite (VRéf. 07).

R & C Scientifica s.r.l.
La Responsable du Département des
Biens Culturels
Dr Mirella Baldan

Rapport technique par Dr Veronica Michielin

Altavilla Vicentina, 29/07/05

Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



ECHANTILLON 773/4 (V/réf. 04)

Rapport d'examen n°: 9312 - 04

Lieu de prélèvement de l'échantillon : Cave sculptée – Dénezé-sous-Doué (Loire-Atlantique)

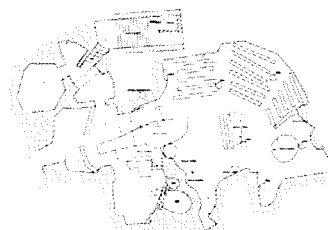
Description de l'échantillon : Efflorescences

Objet de l'étude : Caractérisation minéralogique

Examens effectués : Analyse au diffractomètre aux rayons X pour les poudres

Résultats : D'après l'analyse diffractométrique aux rayons X, l'échantillon d'efflorescence saline analysé est constitué principalement de sulfate hydraté de calcium (plâtre) et secondairement de carbonate de calcium (calcite) avec traces de quartz.

Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



ECHANTILLON 773/5 (V/réf. 06)

Rapport d'examen n°: 9313 - 04

Lieu de prélèvement de l'échantillon : Cave sculptée – DENEZE–SOUS-DOUE (Loire-Atlantique)

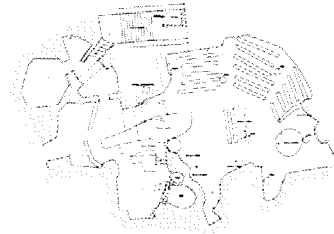
Description de l'échantillon : de Efflorescences

Objet de l'étude : Caractérisation minéralogique

Examens effectués : Analyse au diffractomètre aux rayons X pour les poudres

Résultats : D'après l'analyse diffractométrique aux rayons X, l'échantillon d'efflorescence saline analysé est constitué principalement de sulfate hydraté de calcium (plâtre) et secondairement de carbonate de calcium (calcite).

Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



ECHANTILLON 773/6 (V/réf. 07)

Rapport d'examen n°: 9314 - 04

Point de prélèvement de l'échantillon : Cave sculptée – DENEZE–SOUS-DOUE (Loire-Atlantique)

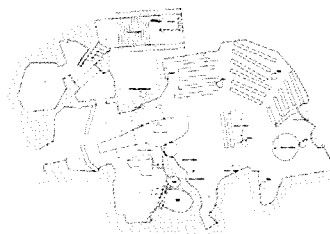
Description de l'échantillon : Efflorescences

Objet de l'étude : Caractérisation minéralogique

Examens effectués: Analyse au diffractomètre aux rayons X pour les poudres

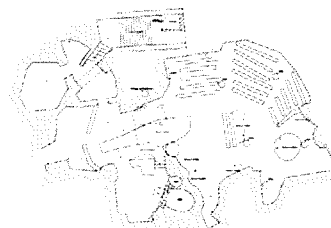
Résultats : D'après l'analyse diffractométrique aux rayons X, l'échantillon d'efflorescence saline analysé s'avère constitué principalement de carbonate de calcium (calcite) et secondairement d'un peu de quartz avec des traces de sulfate hydraté de calcium (plâtre).

Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



RAPPORTS D'EXAMENS

Maine et Loire
 DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
 LA CAVE SCULPTÉE
 ÉTUDE et DÉFINITION d'un
 PROTOCOLE de RESTAURATION



Rapport d'examen

Nr. 9309 - 2004

Identification : 773/1
Description : Couche picturale - 01
Lieu du prélèvement:: Dans Cave Sculptée – DENEZE –SOUS-DOUE (Maine et Loire)
Prélevé par : Client
Date de réception : 18/02/2004 *Date du* 18/02/2004
prélèvement :
Date de début des examen s: 18/02/2004 *Date de fin* 18/03/2004
des examens
 :

Résultats des Examens

Examen: Description au stéréo microscope de l'échantillon tel quel

L'échantillon en examen est constitué d'une matrice incohérente, de forme irrégulière, de dimension pluri millimétrique, d'une peinture marron ocre, de consistance tenace et poreuse, réduite en fragments écailleux ; sur la surface supérieure, il y a présence d'un patine blanchâtre discontinue.

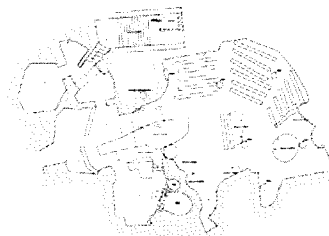
Examen : Analyse élémentaire semi quantitative à la microsonde électronique EDS sur coupe polie

Matériau analysé	Eléments majeurs	Eléments mineurs	Eléments en traces
Couche picturale zone moyenne	Ca, Si, S	Fe, Mn, Cr, C, O	K, Ni, Al
Couche picturale spot sur grain	Fe	Ca, Cr, S, Si, C, O, Mn	K, Ni

Le Directeur Technique
 (Dr Mauro Saccon)

Le Directeur de Laboratoire
 (Dr Emilio Urbani)

Maine et Loire
 DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
 LA CAVE SCULPTÉE
 ÉTUDE et DÉFINITION d'un
 PROTOCOLE de RESTAURATION



Rapport d'examen

Nr. 9310 - 04

Identification: 773/2

Description: Finition - 02

Lieu du prélèvement: Dans Cave Sculptée – DENEZE –SOUS-DOUE (Loire-Atlantique)

Prélevé par:

Cliente

Date de réception: de 18/02/2004

Date de début des examens:

de 18/02/2004

Date de prélèvement: du 18/02/2004

Date de fin des examens:

de 18/03/2004

Résultats des Examens

Examen: Description au stéréomicroscope de l'échantillon tel quel

L'échantillon est constitué de fragments mélangés, à matrice incohérente, de forme irrégulière et de dimensions plurimillimétriques d'un matériau de consistance friable, poreuse et d'une couleur d'ensemble ivoire ; on ne distingue pas de grains à l'intérieur de la matrice.

Examen Analyse diffractométrique aux rayons x (XRD)

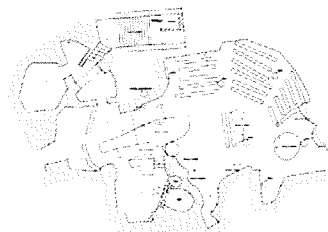
:

Matériau analysé	Phases cristallines majeures	Phases cristallines mineures	Phases cristallines en traces
Finition	syngénite	nitrate de sodium	calcite, quartz

Le Directeur Technique
 (dr Mauro Saccon)

Le Directeur de Laboratoire
 (dr Emilio Urbani)

Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



Rapport d'examen

Nr. 9311 - 2004

Identification: 773/3
Description: Pierre de Tuffeau colorée - 03+05
Lieu du prélèvement:: Dans Cave Sculptée – DENEZE –SOUS-DOUE (Loire-Atlantique)
Prélevé par : Client
Date de réception: 18/02/2004 *Date du* 18/02/2004
prélèvement:
Date de début des examens: 18/02/2004 *Date de fin* 18/03/2004
des
examens:

Résultats des Examens

Examen : ***Description au stéréo microscope de l'échantillon tel quel***

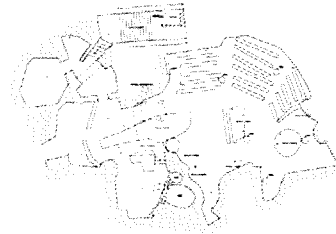
L'échantillon est constitué d'une portion tabulaire de dimensions centimétriques (4x3 cm de grandeur et 1 cm d'épaisseur); sont présents : une couche (a) de tuffeau calcaire friable et poreux de couleur noisette, avec présence de quelques grains de couleur noire de petites dimensions, une couche (b) de peinture marron orange de consistance friable avec matrice grumeleuse et une couche (c) de saleté superficielle de couleur noisette.

Examen : ***Description au microscope polarisant en lumière réfléchie de la coupe polie***

Couche (a): couche de couleur d'ensemble noisette jaunâtre à structure microcristalline hétérogène et poreuse avec particules et grains de couleur blanche, orange et gris foncé.
La limite avec la couche sus-jacente (b) est estompée avec profil irrégulier et ondulé.
Épaisseur irrégulière, variant de 450 à 4000 µm.

Couche (b): couche de couleur d'ensemble marron rougeâtre, discontinue, à structure cryptocristalline et grumeleuse.
La limite avec la couche sus-jacente (c) est nette avec profil ondulé.
L'épaisseur est irrégulière, variant de 0 à 15 µm.

Maine et Loire
 DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
 LA CAVE SCULPTÉE
 ÉTUDE et DÉFINITION d'un
 PROTOCOLE de RESTAURATION



Couche (c): couche de couleur d'ensemble blanc jaunâtre, discontinue et poreuse.
 L'épaisseur est irrégulière, variant de 50 à 200 µm.

Examen : *Analyse élémentaire semi quantitative à la microsonde électronique EDS sur coupe polie*

Matériau analysé	Eléments majeurs	Eléments mineurs	Eléments en traces
Couche (a) couche moyenne	Si, Ca	Fe, O, C	Mg, Al, K, Cl, S, Ni
Couche (b) couche moyenne	Ca, Fe, Si	O, C, P, K	Cl, Mg, Na, Al, S
Couche (c) couche moyenne	C, Ca, S	O, Si	K, Cl

Examen : *Microanalyse spectrophotométrique semi-quantitative à l'infrarouge FTIR*

Matériau analysé	Composants majeurs	Composants mineurs	Composants en traces
Couche (a) couche moyenne	carbonates	sulfates	-
Couche (b) couche moyenne	carbonates	silicates	oxalates / sulfates

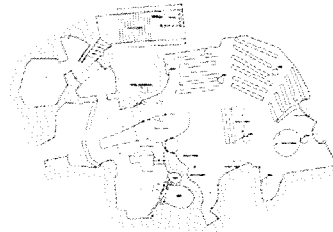
Examen : *Description pétrographique des matériaux pierreux naturels selon la norme NORMAL 10/82*

DESCRIPTION

Lithotype	Calcaire
Structure (Fabric)	Hétérogène à plaques micritiques
Support	Boueux
Granulométrie	Lutite
Texture	Pélimitique

Composants allochimiques (15% des composants texturaux)
 10% - Foraminifères [+]
 5% - Mollusques bivalves [tr]

Maine et Loire
 DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
 LA CAVE SCULPTÉE
 ÉTUDE et DÉFINITION d'un
 PROTOCOLE de RESTAURATION



	85% - Aggrégats de calcite spathique [+++]
Composants terrigènes	(5% des composants texturaux) 5% - Quartz [tr]
Composants orthochimiques	(5% des composants texturaux) 5% - Glauconite [tr]
Matrice micritique	(65% des composants texturaux) hétérogène à plaques

(+++ : composant principal ; ++ : en moyenne ; + : en petite quantité ; tr : en traces)

Porosité intergranulaire [+]	faible (10%) et intragranulaire [+++]
------------------------------	---------------------------------------

CLASSIFICATION

Biomicrite	Folk (1959, 1962)
Wackestone	Dunham (1962) mod.

MILIEU AMBIANT DE DEPOT

Néritique (marin de basses eaux).

AGE

Turonien.

FORMATION DE REFERENCE : -

DENOMINATION COMMERCIALE LOCALE: Tuffeau jaune de Touraine

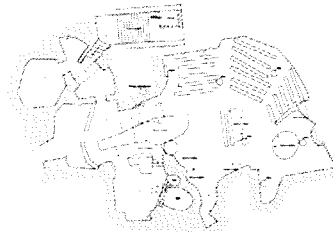
FORMES D'ALTERATION

Absentes

Le Directeur Technique
 (Dr Mauro Saccon)

Le Directeur de Laboratoire
 (Dr Emilio Urbani)

Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



Rapport d'examen

Nr. 9312 - 04

Identification : 773/4
Description : Efflorescences - 04
Lieu du prélèvement : Dans Cave Sculptée – DENEZE –SOUS-DOUE (Loire-Atlantique)
Prélevé par : Client
Date de réception : 18/02/2004 *Date du prélèvement:* 18/02/2004
Date de début des examens: 18/02/2004 *Date de fin des examens:* 18/03/2004

Résultats des Examens

Examen : *Description au stéréomicroscope de l'échantillon tel quel*

L'échantillon est constitué d'efflorescences salines formées de fragments sphériques de couleur ivoire; certains de ces fragments présentent des grains bruns englobés à l'intérieur d'eux-mêmes.

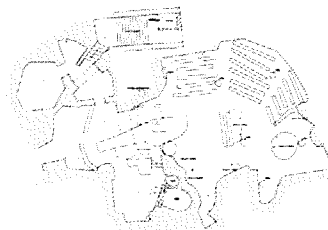
Examen : *Analyse diffractométrique aux rayons x (XRD)*

Matériau analysé	Phases cristallines majeures	Phases cristallines mineures	Phases cristallines en traces
Efflorescence saline	plâtre	calcite	quartz

Le Directeur Technique
(dr Mauro Saccon)

Le Directeur de Laboratoire
(dr Emilio Urbani)

Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



Rapport d'examen

Nr. 9313 - 04

Identification : 773/5
Description : Efflorescences - 06
Lieu du prélèvement : Dans Cave Sculptée – DENEZE –SOUS-DOUE (Loire-Atlantique)
Prélevé par : Client
Date de réception : 18/02/2004 *Date du prélèvement :* du 18/02/2004
Date de début des examens : 18/02/2004 *Date de fin des examens :* 18/03/2004

Résultats des Examens

Examen : *Description au stéréomicroscope de l'échantillon tel quel*

L'échantillon est constitué d'efflorescences salines formées de fragments sphériques de couleur ivoire avec de rares grains noirs.

Examen : *Analyse diffractométrique aux rayons x (XRD)*

Matériau analysé	Phases cristallines majeures	Phases cristallines mineures	Phases cristallines en traces
Efflorescence saline	plâtre	calcite	-

Le Directeur Technique
(dr Mauro Saccon)

Le Directeur de Laboratoire
(dr Emilio Urbani)

Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



Rapport d'examen

Nr. 9314 - 04

Identification : 773/6
Description : Efflorescence - 07
Lieu du prélèvement : Dans Cave Sculptée – DENEZE –SOUS-DOUE (Loire-Atlantique)
Prélevé par : Cliente
Date de réception : 18/02/2004 *Date du prélèvement:* du 18/02/2004
Date de début des examens : 18/02/2004 *Date de fin des examens:* 18/03/2004

Résultats des Examens

Examen : *Description au stéréomicroscope de l'échantillon tel quel*

L'échantillon est constitué d'efflorescences salines formées de fragments tabulaires grisâtres avec présence de rares grains noirs.

Examen : *Analyse diffractométrique aux rayons x (XRD)*

Matériau analysé	Phases cristallines majeures	Phases cristallines mineures	Phases cristallines en traces
Efflorescence saline	calcite	quartz, plâtre	-

Le Directeur Technique
(dr Mauro Saccon)

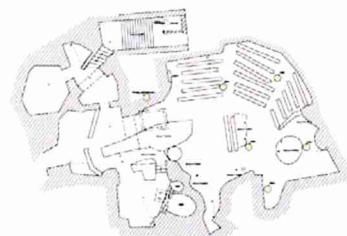
Le Directeur de Laboratoire
(dr Emilio Urbani)

Maine et Loire

DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ

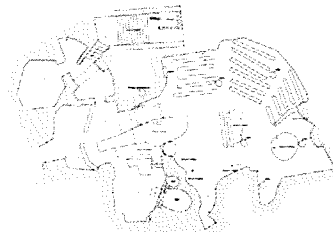
LA CAVE SCULPTÉE

ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



VIII FICHES TECHNIQUES

Maine et Loire
 DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
 LA CAVE SCULPTÉE
 ÉTUDE et DÉFINITION d'un
 PROTOCOLE de RESTAURATION

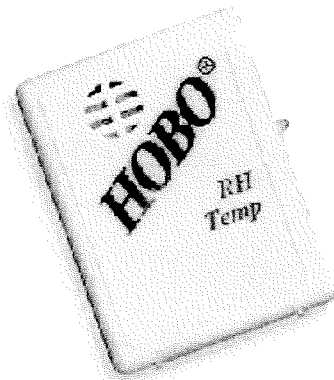


Capteurs pour la mesure de l'humidité et de la température

HOBO RH/TEMP

Enregistreur de température et d'humidité (sondes internes)

Ref. H08-003-02



HOBO RH/TEMP 8K



Instrument certifié CE

HOBO RH/TEMP est un enregistreur de température et d'humidité relative. Idéal pour les applications de type agricole (contrôles dans les silos à grain par exemple), pour les relevés en milieu industriels, pour une utilisation en laboratoire etc. Comme tous les collecteurs 8K, il peut mémoriser jusqu'à 7943 valeurs. Pour les mesures en extérieur, il est possible de placer ce collecteur dans un abri météorologique (cf. abri anti-radiation réf. 7714) ou de le fixer dans l'abri anti-pluie (cf. fiche correspondante).

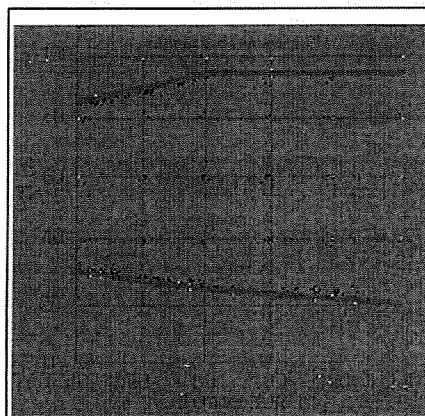
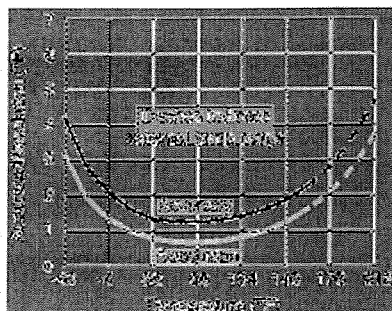
Spécifications

Gamme de mesure : -20°C à $+70^{\circ}\text{C}$ (sonde interne) Humidité relative : 25% à 95% (sonde interne)
 7943 valeurs mémorisables Utilisation simultanée des 2 voies possible (capacité mémoire réduite de moitié si les 2 voies sont utilisées) Intervalle de mesure réglable : mini = 0.5 sec. maxi = 9 h Durée d'enregistrement programmable : de 22 min. à 12 mois Fonction démarrage d'enregistrement différé LED témoin de communication Autonomie : 1 an environ Alimentation : pile au lithium facilement remplaçable Mémoire EEPROM non volatile (pas de perte de données lors du changement de la pile) Numéro de série ineffaçable

Aucune calibration nécessaire Boîtier anti-chocs : 1.5 m Orifice de fixation murale et adhésif Précision de l'horloge interne : ± 1 minute/semaine à 20°C Dimensions : 18x60x45 mm Poids : environ 29 g Précision température : $\pm 0.7^{\circ}\text{C}$ à $+20^{\circ}\text{C}$ Temps de réponse température : env. 1 min. à l'air libre Précision hygrométrie : $\pm 5\%$ de $+5^{\circ}\text{C}$ à $+50^{\circ}\text{C}$ Temps de réponse hygrométrie : 10 sec. Température de fonctionnement : -20°C à $+70^{\circ}\text{C}$ Température de stockage : -40°C à $+75^{\circ}\text{C}$



Nécessite l'usage du logiciel BoxCar Pro pour la récupération des données sur P.C. Voir fiche correspondante

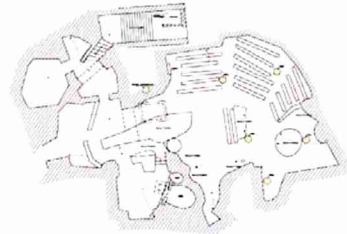


Options disponibles pour ce collecteur :

- ✓ Logiciel BoxCar Pro (indispensable) [ref. BPK-3.6 ou BPK-4.0]
- ✓ Navette de transport des données [ref. H09-002-02]
- ✓ Abri anti-radiation [ref. 7714]

SARL LITTOCLIME, 5 rue des champs Bailly, 14 280 SAINT CONTEST - Tél : 02 31 53 19 20 - Fax : 02 31 53 19 21

Maine et Loire
 DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
 LA CAVE SCULPTÉE
 ÉTUDE et DÉFINITION d'un
 PROTOCOLE de RESTAURATION



Mesure quantitative et qualitative des sels

Bandelette Quantofix



bandelette semi-quantitative Quantofix®

- ▶ analyse colorimétrique par comparaison de couleur
- ▶ analyse semi-quantitative
- ▶ idéal pour le terrain ou le laboratoire

Boîtes de 100 bandelettes 6 x 95 mm dont la couleur varie en fonction de la concentration de l'ion. A comparer avec une échelle de couleur imprimée sur la boîte.

Simple et rapide : immerger puis lire. Réactif breveté pour analyses semi-quantitative rapide.

Précision accrue et lecture directe en mg/l. Couverture du tube muni d'une cartouche dessiccante assurant une conservation supérieure à 2 ans (à +30°C).

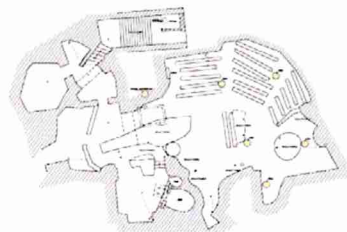
Idéal pour une analyse de terrain ou de laboratoire.



dosage	gamme	Quantofix®	HTE/100
acide ascorbique	0-50-100-200-300-500-1000-2000 mg/l vit. C	CS3707	
aluminium*	0-5-20-50-200-500 mg/l Al ³⁺	CS3708	
ammonium*	0-10-25-50-100-200-400 mg/l NH ₄ ⁺	CS3709	
arsenic*	0-0,01-0,025-0,05-0,1-0,5 mg/l As ³⁺ , As ⁵⁺	CS3711	
arsenic*	0-0,05-0,1-0,5-1,0-1,7-3,0 mg/l As ³⁺ , As ⁵⁺	CS3710	
calcium*	0-10-25-50-100 mg/l Ca ²⁺	CS3712	/60
chlore* libre	0-1-3-10-30-100 mg/l Cl ₂	CS3713	
chlorure	0-500-1000-1500-2000-3000 mg/l Cl ⁻	CS3714	
chromate*	0-3-10-30-100 mg/l CrO ₄ ²⁻	CS3715	
cobalt	0-10-25-50-100-250-500-1000 mg/l Co ²⁺	CS3716	
cuivre	0-10-30-100-300 mg/l Cu ²⁺	CS3717	
cyanure*	0-1-3-10-30 mg/l CN ⁻	CS3718	
dureté carbonatée	0-5-11-18-27-36 °F, CaCO ₃	CS3719	
dureté totale	5-9-18-27-36-45 °F, CaCO ₃ , MgCO ₃	CS3738	
étain	0-10-25-50-100-250-500 mg/l Sn ²⁺	CS3720	
fer*	0-2-5-10-25-50-100 mg/l Fe ²⁺ , Fe ³⁺	CS3722	
fer*	0-5-20-50-100-250-500-1000 mg/l Fe ²⁺ , Fe ³⁺	CS3721	
formaldéhyde*	0-10-20-40-60-100-200 mg/l HCHO	CS3723	
molybdène*	0-5-20-50-100-250 mg/l Mo ⁶⁺	CS3724	
nickel	0-10-25-50-100-250-500-1000 mg/l Ni ²⁺	CS3725	
nitrate/nitrite	0-10-25-50-100-250-500 mg/l NO ₃ ⁻	CS3726	
	0-1-5-10-20-40-80 mg/l NO ₂ ⁻		
nitrite	0-0,1-0,3-0,6-1-2-3 g/l NO ₂ ⁻	CS3728	
nitrite	0-1-5-10-20-40-80 mg/l NO ₂ ⁻	CS3727	
peroxyde	0-0,5-2-5-10-25 mg/l H ₂ O ₂	CS3731	
peroxyde	0-1-3-10-30-100 mg/l H ₂ O ₂	CS3730	
peroxyde	0-50-150-300-500-800-1000 mg/l H ₂ O ₂	CS3729	
phosphate*	0-3-10-25-50-100 mg/l PO ₄ ³⁻	CS3732	
potassium*	0-200-400-700-1000-1500 mg/l K ⁺	CS3733	
sulfate	200-400-800-1200-1600 mg/l SO ₄ ²⁻	CS3734	
sulfite	0-10-25-50-100-250-500-100 mg/l SO ₃ ²⁻	CS3735	
zinc*	0-2-5-10-50-100 mg/l Zn ²⁺	CS3736	

*bandelettes avec réactifs inclus

Maine et Loire
DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
LA CAVE SCULPTÉE
ÉTUDE et DÉFINITION d'un
PROTOCOLE de RESTAURATION



PAPIERS QUANTOFIX®

Bandelettes Quantofix pour détermination semi quantitative des ions échelle de couleur imprimée sur la boîte ; manipulation sans danger lecture immédiate par immersion ; en boîte de 100 bandelettes de 6 x 95 mm, stables pendant plus de 2 ans

QUANTOFIX® Nitrate/Nitrite

(F)

Mode d'emploi:

Ne prendre que la quantité nécessaire de bandelettes. Refermer l'emballage de suite après utilisation. Ne pas poser les doigts sur l'échelle de mesure. Plonger brièvement (env. 1 seconde) dans la solution à tester (pH 1-9). Comparer l'échelle de mesure et de couleur après 60 secondes. En présence d'ions de nitrate, la zone de mesure (à l'extrémité de la bandelette) vire au rouge-violet. La deuxième zone réactive sur la tigette montre la concentration en nitrite.

Interférences (Nitrate):

Si la zone de mesure superposée à la première se colore en rouge-violet (test de nitrite), il y a une interférence pour le nitrate. Pour éviter cette interférence de nitrite, on ajoute 1 cuillère d'acide amidosulphonique (Cat. No. 918 973) on agite et on recommence le test après 2 minutes. De cette manière il est possible de détecter, 10 mg/l de nitrate en présence de 1000 mg/l de nitrite.

Interférences (Nitrite):

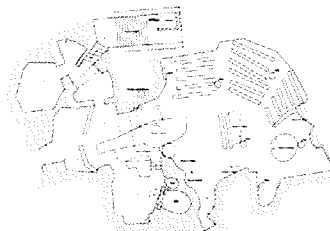
Des solutions très acides doivent être tamponnées à l'acétate de sodium, des solutions alcalines doivent être ajustées au pH 3-5 avec de l'acide citrique. Les ions suivants, en forte concentration, interfèrent:

> 1000 mg/l Br^- , BrO_3^- , Cl^- , ClO_3^- , ClO_4^- , F^- , J^- , $\text{Mo}_7\text{O}_{24}^{6-}$, NO_3^- , OCN^- , PO_4^{3-} , SO_3^{2-} , SO_4^{2-} , SeO_3^{2-} , WO_4^{2-} , Acétate, Oxalate, Tartrate, Citrate, Succinate, Ag^+ , Al^{3+} , As^{3+} , Ba^{2+} , Be^{2+} , Co^{2+} , Cd^{2+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} , Hg^{2+} , K^+ , Li^+ , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Na^+ , Ni^{2+} , Pb^{2+} , Sb^{3+} , Tl^+ , Zn^{2+} , > 250 mg/l $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, $\text{S}_2\text{O}_5^{2-}$, > 100 mg/l $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$, $\text{S}_2\text{O}_4^{2-}$, SCN^- , Ascorbate.

Conservation:

Conserver les sticks à l'abri de la lumière et de l'humidité. Conserver la boîte au sec et en dessous de 30°C.

Maine et Loire
 DÉNEZÉ-SOUS-DOUÉ
 LA CAVE SCULPTÉE
 ÉTUDE et DÉFINITION d'un
 PROTOCOLE de RESTAURATION



Biocide mis en œuvre lors de l'étude
 et retenu

Biotin N



C.T.S. France
 s.a.r.l. au capital de 38 112,25 €
 26 passage Thiéré 75011 PARIS
 Tél. 01 43 55 60 44 / 65 63 - Fax. 01 43 55 66 87
 R.C.S. PARIS B 5205 866 469 - Code TVA CEE : FR 12 305 866 469 - Site : 388 866 469 100 11

BIOTIN N

- BIOCIDES CONCENTRES -

BIOTIN N produit par :
 ACIMA Chemical Industries Ltd. Inc. Im Ochsensand CH 9471 Buchs, Switzerland

CARACTERISTIQUES GENERALES

Le BIOTIN N (METATIN N 5810/101) est une préparation concentrée liquide de substances actives pour la production de solutions désinfectantes à employer sur des surfaces microbiologiquement infestées (tuiles, enduits, plafonds, et mur en fibrociment, surface en bois, peintures à l'eau, etc., ...)

Le BIOTIN N (METATIN N 5810/101) est directement diluable dans l'eau dans toutes les proportions.

Le BIOTIN N (METATIN N 5810/101) permet, en conformité avec les nouvelles réglementations CEE, une classification favorable des produits formulés dans lequel il est introduit. Dans les produits finis peuvent être préparés sans obligations de classification de ses composants ou des restrictions causées par la concentration du fongicide.

COMPOSITION DE LA SUBSTANCE ACTIVE

Combinaison de trybutylétain naphthéné avec un composé spécial nitrogéné organique.

DONNEES TECHNIQUES ET ANALYTIQUES PARTICULIERES

Aspect:	Liquide claire, jaune brun
Densité d 20/4:	0,987 g/ml
Indice de réfraction N 20/4:	1,4484
Viscosité η_{20} :	46 mPa s
Point de solidification:	< -20°C
Stabilité:	• intervalle de température de -20°C à +80°C. • intervalle de pH: de 4 à 11
Miscibilité:	procure des solutions claires dans toutes les proportions avec les solvants courants, diluable à l'eau.

Point de inflammabilité:	36°C o.c. Cleveland
Toxicité:	LD 50 aigue orale > 900 mg/kg calc.
Compatibilité:	Limitée avec les tensioactifs anioniques et avec les produits qui le contiennent.

CHAMPS D'APPLICATION ET SPECTRE D'ACTIVITE

Le BIOTIN N (METATIN N 5810/101) est une évolution du metatin 5810/101 fourni depuis des années par par Acima et peut cependant s'y substituer sans problème. L'émulsion aqueuse produite utilisant le metatin 5810/101 apparaît plus claire et est plus stable si enfermée.

Il BIOTIN N (METATIN N 5810/101) est un concentré et doit être fourni à l'utilisateur sous sa forme diluée.

Cette dilution intermédiaire doit être réalisée avec soin de façon à obtenir une bonne stabilité de stockage.

Si la prédilution du BIOTIN N (METATIN N 5810/101) est seulement faite avec de l'eau, la dureté de l'eau peut avoir de l'influence et doit être testée à l'avance.

Le BIOTIN N (METATIN N 5810/101) présente un ample spectre d'activités contre les champignons et les bactéries gram-positives et gram-négatives. Les algues ne sont pas seulement tuées mais également décolorées.

Le BIOTIN N (METATIN N 5810/101) est généralement utilisé en solutions aqueuses. Cependant pour certaines applications les solvants organiques peuvent être utilisés.

Produits, matériel, équipements au service de la restauration des œuvres d'art